

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Інститут енергозбереження та енергоменеджменту

Кафедра електропостачання

«На правах рукопису»
УДК 621.316.1

«До захисту допущено»

Зав. кафедри

«__» _____ 2020 р.

**Магістерська дисертація
на здобуття ступеня магістра**

**зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка»**

спеціалізація «Системи електропостачання»

**на тему: «Сучасні засоби та методи улаштування системи блискавкозахисту
в електричних мережах»**

Виконав:

Студент II курсу, групи _____
Трегубов А. С.

Керівник:

к.т.н., доц. Побігайло В. А.

Консультант з нормоконтролю:

Асист. Прокопенко І.Д.

Рецензент:

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних
посилань.

Студент _____

Київ – 2020 року

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ
СІКОРСЬКОГО»

Факультет (інститут) Інститут енергозбереження та енергоменеджменту
(повна назва)

Кафедра Електропостачання
(повна назва)

Освітньо-кваліфікаційний рівень «магістр»

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка»

Спеціалізація «Системи електропостачання»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри

Попов В.А.
(підпис) (ініціали, прізвище)

«___» _____ 2020 р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Трегубов Артем Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації «Сучасні засоби та методи улаштування системи блискавкозахисту в електричних мережах».

науковий керівник Побігайло В.А. к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «___» _____ 2020 р. № _____

2. Термін подання студентом дисертації «___» грудня 2020 року.

3. Об'єкт дослідження режими роботи електричних мереж.

4. Предмет дослідження методи та засоби організації улаштування системи блискавкозахисти. 1) Перелік завдань, які потрібно розробити Дослідження існуючих систем блискавкозахисту в Україні. 2) Провести аналіз стану грозової діяльності на території України. 3) Провести порівняльний аналіз існуючих засобів та методів побудови СБЗ (систем блискавкозахисту). 4) Запропонувати шляхи підвищення ефективності СБЗ в промислових електричних мережах та мережах адміністративних будівель. 5) Розробити аналіз стартап проекту для визначення принципової можливості його ринкового впровадження та можливих напрямків реалізації цього впровадження.

6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу: схеми підключення блискавкозахисту, конструкція блискавкозахисту, графіки, презентаційний матеріал.

7. Орієнтовний перелік публікацій: МАТЕРІАЛИ ІІІ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ МАГІСТРАНТІВ ІЕЕ (за результатами дисертаційних досліджень магістрантів) 26 – 27 листопада 2020 р. (ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ) (м. Київ, 2020 р.) Трегубов А.С. «Захист ізоляції пл 110-220 кВ від грозових перенапруг» стор. 248-250.

8. Дата видачі завдання «____» _____ 2020 року.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Отримання завдання	01.10.2020-15.06.2020	Виконав
2	Аналіз літературних джерел	15.06.2020-16.06.2020	Виконав
3	Складання плану роботи	16.06.2020-20.07.2020	Виконав
4	Робота над першим розділом	20.07.2020-20.08.2020	Виконав
5	Робота над другим розділом	20.08.2020-20.09.2020	Виконав
6	Робота над третім розділом	20.09.2020-20.10.2020	Виконав
7	Робота над четвертим розділом	20.10.2020-20.11.2020	Виконав
8	Робота над п'ятим розділом	20.11.2020-18.12.2020	Виконав
9	Оформлення ПЗ, нормо контроль, попередній захист	18.12.2020-20.12.2020	Виконав

Студент

(підпис)

Трегубов А.С.
(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

(підпис)

Побігайло В.А.
(ініціали, прізвище)

РЕФЕРАТ

Структура і обсяг дисертаційної роботи. Робота складається зі вступу, трьох розділів основної частини, стартап проекту, висновків, списку використаних літературних джерел. Повний обсяг дисертації складає 95 сторінок, у тому числі 80 сторінок основного тексту, 25 ілюстрацій, 12 таблиць, список використаних джерел, що містить 40 найменувань на 4-х сторінках.

Актуальність теми. Блискавкозахист будівель і споруд, розподільчих станцій та підстанцій – це комплекс технічних рішень і спеціальних пристосувань для забезпечення безпеки будівлі, а також майна і людей тих, що знаходяться в них та гарантії стабільного електропостачання. На земній кулі щорічно відбувається до 16-и мільйонів гроз, тобто близько 44 тисяч за день. Прямий удар блискавки дуже небезпечний для здоров'я людей, нерідкі випадки смертельного результату. Для будівель і споруд загрозами внаслідок безпосереднього контакту каналу блискавки з об'єктами, що вражаються, являються можливість займання або руйнування, а також ушкодження чутливого устаткування внаслідок супутнього блискавці імпульсного електромагнітного поля. Як відомо блискавка – це найпотужніший грозовий розряд струму, який виникає між землею і хмарами. Відповідно, блискавка може трощити все що попадеться їй на шляху. Щоб уникнути цього й був застосований блискавкозахист. Проста на перший погляд конструкція здатна надати ефективний захист будь-якої житлової, комерційної або промислової споруди чи системи електропостачання. При цьому блискавкозахист є гарантією безпеки як майна, так і життя людей.

Блискавкозахист у свою чергу усуває удар від блискавок і захищає не тільки будівлі, але і електричну мережу вцілому, радіозв'язок, комутаційне обладнання, антени телебачення, димові труби, вишки, технологічне обладнання та ін., а необхідність установки захисту обумовлена тим, що

напруга при одному грозовому розряді може досягати до 50 мільйонів В з силою струму при цьому близько 300000 А. Удар при цьому супроводжується сильною звуковою, тепловою та світловою енергією, що не найсприятливішим чином може вплинути на цілісність споруди. Наслідки, в тих випадках, коли у будівлі немає надійної системи блискавкозахисту – забрані життя, зруйновані будівлі, пожежі, вихід з ладу електропроводки, устаткування і приладів. Як приклад, на рис. 2 наведено карту середньої тривалості гроз за рік у годинах для території України. Проте багато хто, знаючи це, не квапиться встановлювати системи блискавкозахисту будівель і споруд. [1].

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Виконані в роботі дослідження відповідають навчальній програмі КПІ ім. Ігоря Сікорського «Станції та підстанції частина 1» та «Електричні апарати», «Системи електропостачання».

Мета і задачі дослідження. Метою дослідження є підвищення надійності електричної мережі шляхом застосування методів та засобів захисту від перенавантаження.

Для досягнення поставленої мети вирішуються наступні задачі:

1. Дослідження існуючих систем блискавкозахисту в Україні.
2. Провести аналіз стану грозової діяльності на території України.
3. Провести порівняльний аналіз існуючих засобів та методів побудови СБЗ (систем блискавкозахисту).
4. Запропонувати шляхи підвищення ефективності СБЗ в промислових електричних мережах та мережах адміністративних будівель.

Розробити аналіз стартап проекту для визначення принципової можливості його ринкового впровадження та можливих напрямків реалізації цього впровадження.

Об'єкт дослідження: режими роботи електричних мереж.

Предмет дослідження: методи та засоби організації улаштування системи блискавкозахисту.

Методи досліджень: для аналізу та розв'язання поставлених задач використані статистичні методи обробки даних, узагальнювальні методи теорії моделювання, чисельні методи тощо.

Наукова новизна отриманих результатів.

1. Вперше формалізована огляд існуючих систем блискавкозахисту в Україні.

2. Запропоновано принципово нову систему блискавкозахисту, а саме систему активного блискавкозахисту систем електропостачання.

Практичне значення одержаних результатів полягає в розробці перспективних систем блискавкозахисту в Україні.

Апробація результатів дисертаційної роботи. Основні положення дисертації доповідалися на таких Всеукраїнських науково-технічних конференціях: III Науково-технічна конференція магістрантів ІЕЕ III науково-технічна конференція магістрантів іее (м. Київ, 2020 р.) «Сучасні засоби та методи улаштування системи блискавкозахисту в електричних мережах».

Структура і обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, додатків, списку літературних джерел, який містить 100 найменувань. Основний текст викладено на 96 сторінках друкованого тексту, містить 51 рисунок, 38 таблиць, 2 додатка.

Ключові слова: блискавкозахист, активний блискавкозахист, іонізація повітряного проміжку.

Публікації: МАТЕРІАЛИ III НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ МАГІСТРАНТІВ ІЕЕ (за результатами дисертаційних досліджень магістрантів) 26 – 27 листопада 2020 р. (ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ) (м. Київ, 2020 р.) Трегубов А.С. «Захист ізоляції пл 110-220 кв від грозових перенапруг» стор. 248-250.

ABSTRACT

Distribution electric networks were functionally designed to transport and distribute electricity generated centrally at large power plants. Studies show that 80-90% of damage in overhead power lines in 6-35 kV distribution networks is unstable and self-healing in a short period of time. However, when using traditional circuits and switching devices, each of these damages leads to the shutdown of all or a significant part of the distribution network required. as a rule, departure of operative personnel for specification of a type of damage, performance of numerous manual switchings. localization of the damaged area and provision of backup power for undamaged areas. All this takes time and reduces the reliability of electricity supply, leads to a shortage of electricity by consumers. connected to both damaged and undamaged areas [1]. A means of eliminating the shortcomings is a recloser - an electrical device that works as a stand-alone device and is used to automatically turn off and restart the line in a predetermined sequence of cycles of switching on and off again, followed by returning the automatic restart function (APV) to its original state. Maintaining the on position or locking in the off position [1]. Vacuum reclosers are able to perform quick switches in the distribution network, automatic disconnection of the damaged area, automatic reconnection of the line, automatic power recovery in undamaged areas of the network, automatic collection of information about the parameters of the distribution network [1]. Network sectioning by reclosers allows automatic localization of the part of the power grid with the damaged area, without depriving consumers of power, which are connected to the undamaged part of the partitioned network. This reduces both the amount of underutilization of electricity, and, consequently, losses from emergency shutdowns, and the time of fault finding, as significantly reduces the length of the localized emergency shutdown section of the line to be inspected to find the location of damage [1].

РОЗДІЛ 1 ВСТУП

Блискавкозахист будівель і споруд, розподільчих станцій та підстанцій – це комплекс технічних рішень і спеціальних пристосувань для забезпечення безпеки будівлі, а також майна і людей тих, що знаходяться в них та гарантії стабільного електропостачання. На земній кулі щорічно відбувається до 16-и мільйонів гроз, тобто близько 44 тисяч за день. Прямий удар блискавки дуже небезпечний для здоров'я людей, нерідкі випадки смертельного результату. Для будівель і споруд загрозами внаслідок безпосереднього контакту каналу блискавки з об'єктами, що вражаються, являються можливість займання або руйнування, а також ушкодження чутливого устаткування внаслідок супутнього блискавці імпульсного електромагнітного поля. Як відомо блискавка – це найпотужніший грозовий розряд струму, який виникає між землею і хмарами. Відповідно, блискавка може трощити все що попадеться їй на шляху. Щоб уникнути цього й був застосований блискавкозахист. Проста на перший погляд конструкція здатна надати ефективний захист будь-якої житлової, комерційної або промислової споруди чи системи електропостачання. При цьому блискавкозахист є гарантією безпеки як майна, так і життя людей [4].

Блискавкозахист у свою чергу усуває удар від блискавок і захищає не тільки будівлі, але і електричну мережу вцілому, радіозв'язок, комутаційне обладнання, антени телебачення, димові труби, вишки, технологічне обладнання та ін., а необхідність установки захисту обумовлена тим, що напруга при одному грозовому розряді може досягати до 50 мільйонів В з силою струму при цьому близько 300000 А. Удар при цьому супроводжується сильною звуковою, тепловою та світловою енергією, що не найсприятливішим чином може вплинути на цілісність споруди [6, 7].



Рисунок 1 - Приклад виникнення блискавки

Наслідки, в тих випадках, коли у будівлі немає надійної системи блискавкозахисту – забрані життя, зруйновані будівлі, пожежі, вихід з ладу електропроводки, устаткування і приладів. Як приклад, на рис. 2 наведено карту середньої тривалості гроз за рік у годинах для території України. Проте багато хто, знаючи це, не квапиться встановлювати системи блискавкозахисту будівель і споруд [9, 10].

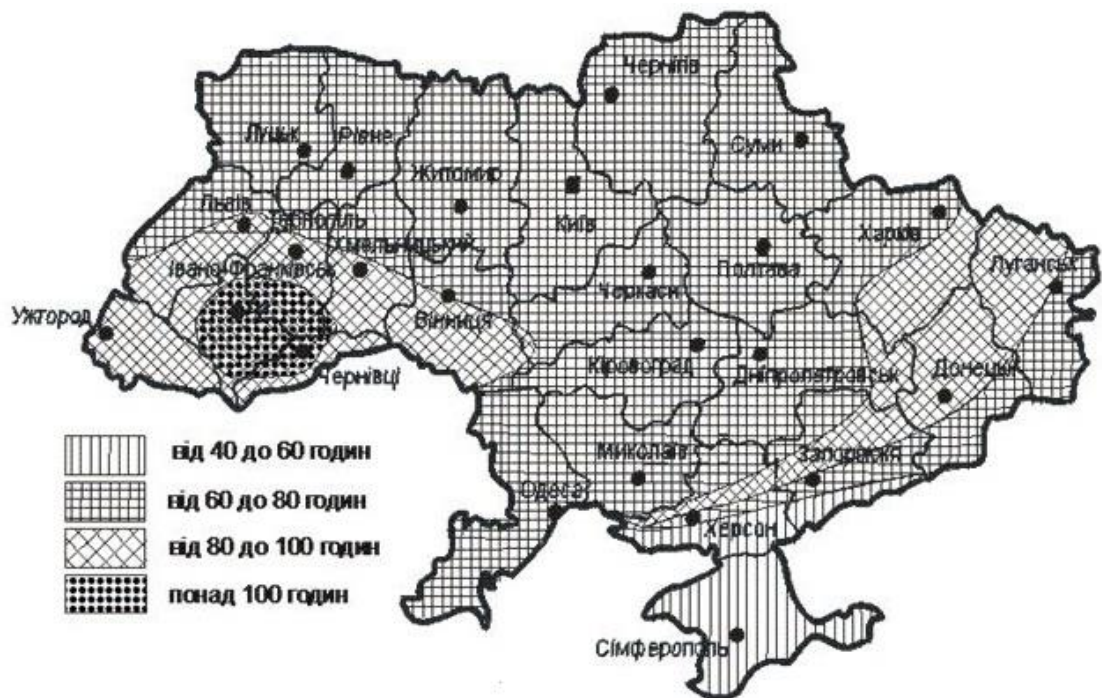


Рисунок 2 - Карта середньої тривалості гроз за рік у годинах для території України

Наявність грозоактивності в Україні суттєвим чином впливає ефективну роботу системи електропостачання в цілому, в таблиці 1 представлено статистичні данні кількості вимикань ПЛ 6-10, 35, 110-150 кВ.

Таблиця 1 - Статистичні данні кількості відмикань ПЛ 6-10, 35, 110-150 кВ

Отримані дані від ліцензіатів				Коефіцієнт кореляції між річною кількістю вимикань і річною тривалістю гроз
Напруга ПЛ, кВ	Загальна довжина ПЛ, км	Кількість вимикань на ПЛ		
		всього, п	у тому числі без пошкодження, пб/у	
6-10	224783	17823	11258	0,33
35	59761	8471	5921	0,975
110-150	37648	3871	2636	0,85

Також слід відзначити різноманітний характер та кількість пошкоджень повітряних ліній в результаті виникнення грози, в таблиці 2 наведено класифікацію ушкоджень ПЛ блискавкою. На переважній частині території України грозова діяльність з часом посилюється, що підтверджує актуальність прийняття заходів із посилення грозостійкості об'єктів електроенергетики. Грозова діяльність на території України змінюється нерівномірно: найбільш інтенсивно грозова діяльність зростає на територіях Західної, Південно-Західної, Південної, Дніпровської і Північної електроенергетичних систем, на рис. 3 наведено приклади негативного результату виникнення грози [4, 5, 7].



Рисунок 3 - Струм блискавки склав 45 кА. Удар блискавки пошкодив електричну частину генератора, який вийшов з ладу

На рис. 4 наведено приклад руйнування комутаційного обладнання на разі відсутності блискавкозахисту.

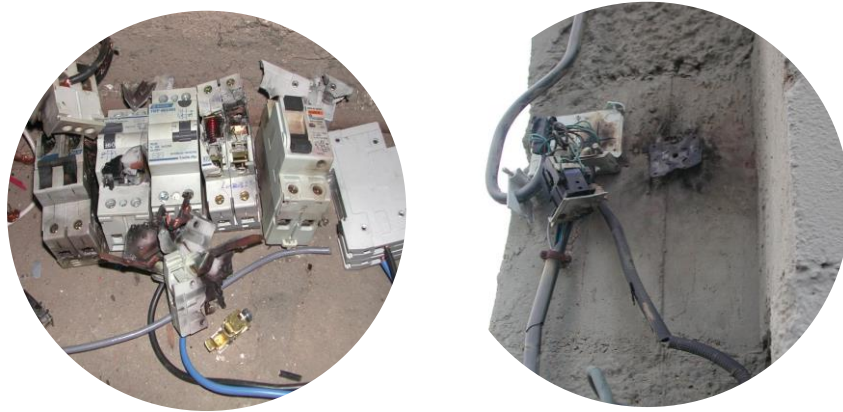


Рисунок 4 - Руйнування комутаційного обладнання

На територіях Центральної і Донбаської електроенергетичних систем спостерігаються регіони із послабленням грозової активності. Проте методи, технічні засоби і форми подання результатів спостережень за грозовою діяльністю потребують удосконалення та перегляду з урахуванням введення Мінекономрозвитку України 01.08.2012 р. стандартів ДСТУ EN 62305-1 - ДСТУ EN 62305-4. Для поліпшення якості вихідних даних щодо проектування грозозахисту об'єктів електроенергетики доцільно застосування ГІС-технологій та впровадження систем грозопеленгації, а також застосування більш ефективних технологій блискавкозахисту – активного блискавкозахисту. Також на основі аналізу існуючої аварійності в електромережах підтверджено ефективність застосування грозозахисних тросів ПЛ напругою 220-750 кВ [8, 9].

Таблиця 2 - Класифікація ушкоджень ПЛ

Напруга ПЛ, кВ	Вимикання ПЛ ДП «НЕК «Укренерго» за 2006-2011 рр., їх причини та наслідки							
	Всього	у тому числі:						
		без пошкод- ження лінійних елементів	з пошкод- женням лінійних елементів	класифікація ушкоджень				
				з пошкод- женням ізоляції у гірляндах фаз	з пошкоджен- ням ізоляції в підвісі троса	обрив (розрив) гірлянди	обрив троса	з пошкод- женням проводу
750	20	14	7	4	1	1	-	1
330	236	190	51	22	3	16	9	1
220	126	93	37	26	2	9	-	-

РОЗДІЛ 2 БЛИСКАВКОЗАХИСТ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД

2.1 Розряди блискавки і їх параметри

Блискавка є електричним розрядом завдовжки в декілька кілометрів, що розвивається між грозовою хмарою і землею або якою-небудь наземною спорудою. Розряд блискавки розпочинається з розвитку лідера — каналу, що слабо світиться, із струмом в декілька сотень ампер. По напрямку руху лідера — від хмари вниз або від наземної споруди вгору — блискавки розділяються на низхідні і висхідні. Дані про низхідні блискавки накопичувалися тривалий час в декількох регіонах земної кулі. Відомості про висхідні блискавки з'явилися лише в останні десятиліття, коли почалися систематичні спостереження за враженням грози дуже високих споруд, наприклад телевізійної вежі [21].

Лідер низхідної блискавки виникає під дією процесів в грозовій хмарі, і його поява не залежить від наявності на поверхні землі яких-небудь споруд. У міру просування лідера до землі з наземних об'єктів можуть збуджуватися спрямовані до хмари зустрічні лідери. Зіткнення одного з них з низхідним лідером (чи торкання останнього поверхні землі) визначає місце удару блискавки в землю або який-небудь об'єкт.

Висхідні лідери збуджуються з високих заземлених споруд, у вершин яких електричне поле під час грози різко посилюється. Сам факт появи і стійкого розвитку висхідного лідера визначає місце поразки. На рівнинній місцевості висхідні блискавки вражають об'єкти заввишки більше 150 м, а в гірських районах збуджуються із загострених елементів рельєфу і спорудженні меншої висоти і тому спостерігаються частіше [21, 23].

Розглянемо спочатку процес розвитку і параметри низхідної блискавки.

Після встановлення наскрізного лідерного каналу слідує головна стадія розряду — швидка нейтралізація зарядів лідера, що супроводжується яскравим світінням і наростанням струму до пікових

значень, що варіюються від одиниць до 300 кА. При цьому відбувається інтенсивне розігрівання каналу (до десятків тисяч $^{\circ}\text{K}$) і його ударне розширення, що сприймається на слух як гуркіт грому. Струм головної стадії складається з одного або декількох послідовних імпульсів, накладених на безперервну складову. Більшість імпульсів струму мають негативну полярність. Перший імпульс при загальній тривалості в декілька сотень мікросекунд має довжину фронту від 3 до 20 мкс; пікове значення струму (амплітуда) варіюється в широких межах: в 50% випадків (середній струм) перевищує 30, а в 1-2% випадків 100 кА. Приблизно у 70% низхідних негативних блискавок за першим імпульсом спостерігаються подальші з меншими амплітудами і завдовжки фронту: середні значення відповідно до 12 кА і 0,6 мкс. При цьому крутизна (швидкість наростання) струму на фронті подальших імпульсів вища, ніж для першого імпульсу.

Струм безперервної складової низхідної блискавки варіюється від одиниць до сотень ампер і існує упродовж усього спалаху, що триває в середньому 0,2 с, а в окремих випадках 1-1,5 с. Заряд, існуючий впродовж усього спалаху блискавки, змінюється від одиниць до сотень кулон, з яких окремих імпульсів припадає на частку 5-15, а на ту, що безперервну, що становить 10-20 Кл. Низхідні блискавки з позитивними імпульсами струму спостерігаються приблизно в 10% випадків. Частина з них має форму, аналогічну формі негативних імпульсів. Крім того, зареєстровані позитивні імпульси з істотно великими параметрами: тривалістю близько 1000 мкс, завдовжки фронту близько 100 мкс і передається зарядом в середньому 35 Кл. Для них характерні варіації амплітуд струму в дуже широких межах: при середньому струмі 35 кА в 1-2% випадків можлива поява амплітуд понад 500 кА [24, 25].

Накопичені фактичні дані про параметри низхідних блискавок не дозволяють судити про їх відмінності в різних географічних регіонах.

Тому для усієї території України їх імовірнісні характеристики прийняті однаковими.

Висхідна блискавка розвивається таким чином. Після того, як висхідний лідер досяг грозової хмари, починається процес розряду, що супроводжується приблизно в 80% випадків струмами негативної полярності. Спостерігаються струми двох типів: перший — безперервні безімпульсні до декількох сотень ампер і тривалістю в десяті частки секунди, що передають заряд 2-20 Кл; другий характеризується накладенням на тривалу безімпульсну складову коротких імпульсів, амплітуда яких в середньому складає 10-12 кА і лише в 5 % випадків перевищує 30 кА, а створюють заряд який досягає 40 Кл. Ці імпульси схожі з подальшими імпульсами головної стадії низхідної негативної блискавки [26, 27].

У гірській місцевості висхідні блискавки характеризуються тривалішими безперервними струмами і великими існуючими зарядами, чим на їх рівнині. В той же час варіації імпульсних складових струму в горах і на рівнині відрізняються мало. На сьогодні не виявлений зв'язок між струмами висхідної блискавки і заввишки споруд, з яких вони збуджуються. Тому параметри висхідних блискавок і їх варіації оцінюються як однакові для будь-яких географічних регіонів і висот об'єктів.

2.2 Характеристики грозової діяльності житлових будівель та споруд

Про інтенсивність грозової діяльності в різних географічних пунктах можна судити за даними розгалуженої мережі метеорологічних станцій про повторюваність і тривалість гроз, реєстрованих в днях і годиннику за рік по чутному грому на початку і кінці грози. Проте важливішою і інформативною характеристикою для оцінки можливого числа поразок об'єктів блискавкою є щільність ударів низхідних блискавок на одиницю земної поверхні [28, 29].

Щільність ударів блискавки в землю сильно коливається по регіонах земної кулі і залежить від геологічних, кліматичних і інших чинників. При загальній тенденції росту цього значення від полюсів до екватора воно, наприклад, різко скорочується в пустелях і зростає в регіонах з інтенсивними процесами випару. Особливо великий вплив рельєфу в гірській місцевості, де грозові фронти переважно поширюються по вузьких коридорах, тому в межах невеликої площі можливі різкі коливання щільності розрядів в землю.

В цілому по території земної кулі щільність ударів блискавки варіюється практично від нуля в приполярних областях до 20-30 розрядів на 1 км землі за рік у вологих тропічних зонах. Для одного і того ж регіону можливі варіації від року до року, тому для достовірної оцінки щільності розрядів в землю потрібне багаторічне усереднювання [30, 31].

Нині обмежена кількість пунктів земної кулі обладнана лічильниками блискавок, і для невеликих територій можливі безпосередні оцінки щільності розрядів в землю. У масових масштабах (наприклад, для усієї території РФ) реєстрація числа ударів блискавки в землю доки нездійснима із-за трудомісткості і недоліку надійної апаратури.

Проте для географічних пунктів, в яких встановлені лічильники блискавок і ведуться метеорологічні спостереження за грозами, виявлений кореляційний зв'язок між щільністю розрядів в землю і повторюваністю або тривалістю гроз, хоча кожен з перерахованих параметрів схильний до розкиду від року до року або від грози до грози. Ця кореляційна залежність представлена в додатку 2.

2.3 Небезпечні дії блискавки

Дії блискавки прийнято підрозділяти на дві основні групи:

первинні, викликані прямим ударом блискавки, і *вторинні*, індуковані близькими її розрядами або занесені в об'єкт протяжними металевими комунікаціями. Небезпека прямого удару і вторинних дій блискавки для

будівель і споруд і людей, що знаходяться в них, або тварин визначається, з одного боку, параметрами розряду блискавки, а з іншої — технологічними і конструктивними характеристиками об'єкту (наявністю вибухо— чи пожежонебезпечних зон, вогнестійкістю будівельних конструкцій, видом комунікацій, що вводяться, їх розташуванням усередині об'єкту і т. д.). Прямий удар блискавки викликає наступні дії на об'єкт:

електричні, пов'язані з поразкою людей або тваринні електричним струмом і появою перенапруженні на уражених елементах. Перенапруження пропорційне амплітуді і крутизні струму блискавки, індуктивності конструкцій і опору заземлювачів, по яких струм блискавки відводиться в землю. Навіть при виконанні блискавкозахисту прямі удари блискавка з великими струмами і крутизною можуть привести до перенапружень в дещо мегавольт. За відсутності блискавкозахисту шляху розтікання струму блискавки неконтрольовані і її удар може створити небезпеку поразки струмом, небезпечну напругу кроку і дотику, перекриття на інші об'єкти;

термічні, пов'язані з різким виділенням теплоти при прямому контакті каналу блискавки з вмістом об'єкту і при протіканні через об'єкт струму блискавки. При протіканні струму блискавки по тонких провідниках створюється небезпека їх розплавлення і розриву;

механічні, обумовлені ударною хвилею, що розповсюджує від каналу блискавки, і електродинамічними силами, діючими на провідники із струмами блискавки. Ця дія може бути причиною, наприклад, сплюснення тонких металевих трубок. Контакт з каналом блискавки може викликати різке паро- чи газоутворення в деяких матеріалах з подальшим механічним руйнуванням, наприклад, розщеплюванням деревини або утворенням механічного руйнування у бетоні.

Вторинні прояви блискавки пов'язані з дією на об'єкт електромагнітного поля близьких розрядів. Зазвичай це поле розглядають у вигляді двох складових: перша обумовлена переміщенням зарядів в лідерові і каналі блискавки, друга — зміною струму блискавки в часі. Ці складові іноді називають електростатичною і електромагнітною індукцією.

Ще одним видом небезпечної дії блискавки є занесення високого потенціалу по комунікаціях (дротам повітряних ліній електропередачі, кабелям, трубопроводам та ін.), що вводяться у побутовий об'єкт. Він є перенапруженням, що виникає на комунікації при прямих і близьких ударах блискавки і що поширюється у вигляді хвилі, що набігає на об'єкт. Небезпека створюється за рахунок можливого перекриття з комунікації на заземлені частини об'єкту. Підземні комунікації також представляють небезпеку, оскільки можуть перейняти на себе частину струмів блискавки, що розтікаються в землі, і занести їх в об'єкт.

2.4 Класифікація об'єктів, що захищаються

Тяжкість наслідків удару блискавки залежить передусім від вибухової чи пожежної небезпечності будівлі або споруди при термічних діях блискавки, а також іскріннях і перекриттях, викликаних іншими видами дій. Наприклад, у виробництвах, постійно пов'язаних з відкритим вогнем, процесами горіння, застосуванням матеріалів, що не згорають, і конструкції, протікання струму блискавки не представляє великої небезпеки. Навпаки, наявність усередині об'єкту вибухонебезпечного середовища створить загрозу руйнувань, людських жертв, великих матеріальних збитків. При такій різноманітності технологічних умов пред'являти однакові вимоги до блискавкозахисту усіх об'єктів означало б або вкладати в її виконає надмірні запаси, або миритися з неминучістю значних збитків, викликаних блискавкою. Тому будівлі і споруди розділені на три категорії, що відрізняються по тяжкості можливих наслідків поразки блискавкою.

«До I категорії віднесені виробничі приміщення, в яких в нормальних технологічних режимах можуть знаходитися і утворюватися вибухонебезпечні концентрації газів, пари, пилу, волокон. Будь-яка поразка блискавкою, викликаючи вибух, створює підвищену небезпеку руйнувань і жертв не лише для цього об'єкту, але і для поблизу встановлених.

У II категорію потрапляють виробничі будівлі і споруди, в яких поява вибухонебезпечної концентрації відбувається в результаті порушення нормального технологічного режиму, а також зовнішні установки, що містять вибухонебезпечні рідини і гази. Для цих об'єктів удар блискавки створює небезпеку вибуху тільки при збігу з технологічною аварією або спрацюванням дихальних або аварійних клапанів на зовнішніх установках. Завдяки помірній тривалості гроз на території РФ вірогідність збігу цих подій досить мала.

До III категорії віднесені об'єкти, наслідки поразки яких пов'язані з меншим матеріальним збитком, чим при вибухонебезпечному середовищі. Сюди входять будівлі і споруди з пожежонебезпечними приміщеннями або будівельними конструкціями низької вогнестійкості, причому для них вимоги до блискавозахисту посилюються зі збільшенням вірогідності поразки об'єкту (очікуваної кількості поразок блискавкою). Крім того, до III категорії віднесені об'єкти, поразка яких представляє небезпеку електричної дії на людей і тварин : великі громадські будівлі, тваринницькі будови, високі спорудження типу труб, веж, монументів. Нарешті, до III категорії віднесені дрібні будови в сільській місцевості, де найчастіше використовуються конструкції, що згорають. Згідно із статистичними даними на ці об'єкти доводиться значна доля пожеж, викликаних грозою. Із-за невеликої вартості цих будов їх молниезащита виконується спрощеними способами, що не вимагають значних матеріальних витрат» [45].

2.5 Засоби і способи блискавкозахисту

2.5.1 Зовнішній блискавкозахист

Простою і первинною із систем захисту являється система на основі одно-стержневого пасивного громовідводу. Вона складається з одного або декількох металевих прутів, сполучених кабелями із заземленням, забезпечує розсіювання отриманого розряду і захист невеликих будов, який, у свою чергу, підрозділяється на традиційну (громовідвід Франкліна) і з іонізатором.

Система громовідведення – цей пристрій з трьох основних елементів: *блискавкоприймача*, який приймає розряд блискавки; *струмовідводу*, який повинен направити прийнятий розряд в землю, і *заземлювача*, який віддає заряд землі. Блискавкоприймач може мати вигляд металевого штиря (стержневий), натягнутого уздовж коника даху металевого троса або металевої сітки з арматури з кроком осередків звичайні 6-12 м. Для захисту від прямого удару блискавки як можна більшій площі слід встановлювати блискавкоприймач на таку висоту, щоб в зону захисту (це усе, що вміщується в конус, висота якого визначається заввишки блискавкоприймача, а діаметр основи дорівнює потрійному значенню висоти) потрапляли вибрані об'єкти. Для таких громовідводів використовують досить високі, варті поруч дерев або споруджують щогли. Але щогли не усім по кишені, та і пейзаж вони не ушляхетнюють. Тому найчастіше застосовують тросові і сітчасті блискавко-приймачі, причому для будов з неметалічною покрівлею допустима спрощена схема блискавкозахисту.

1. Стрижневі вертикальні заземлювачі

Для заземлювачів звичайного заглиблення типово використовують цільні стрижні довжиною від 1 до 3,5 -5 м. Найчастіше зустрічаються профілі стрижнів у вигляді: круга, труби, кута, хреста, літери Т. Перерізи

їх, звичайно, мають забезпечувати механічну міцність під час забивання та тривалий термін служби з урахуванням корозії, рис. 1.

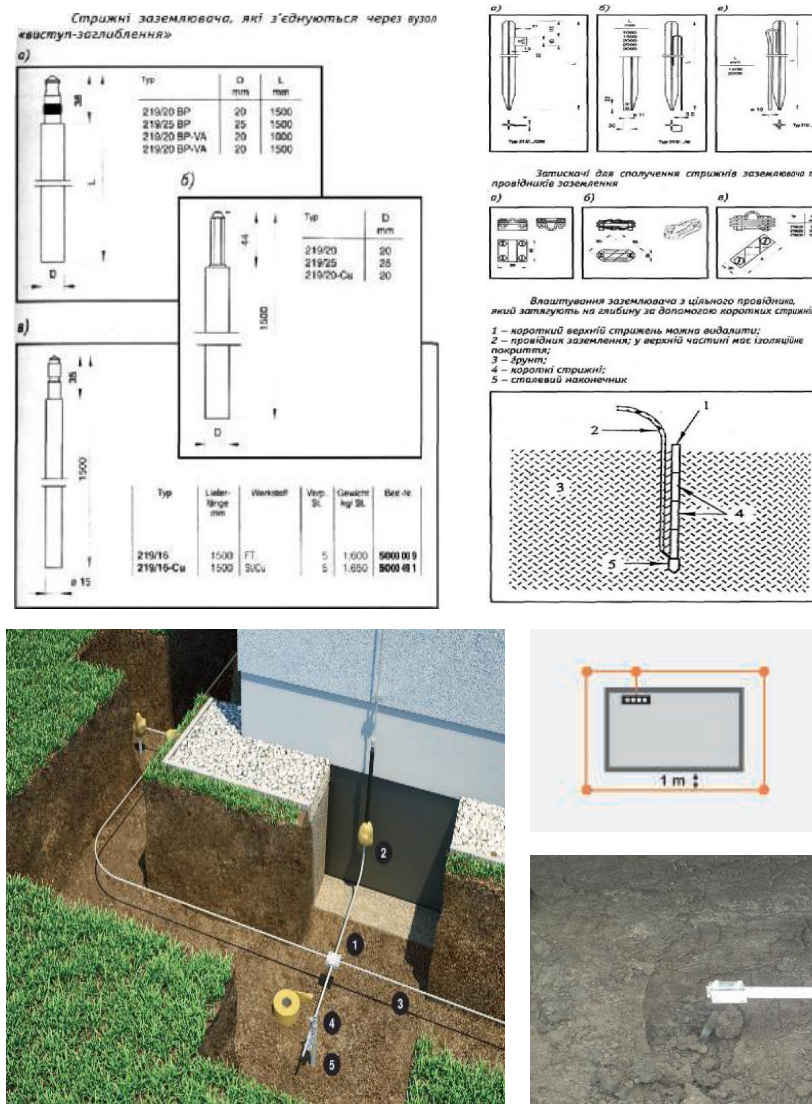


Рисунок 1 - Практична реалізація стрижневих вертикальних заземлювачів

2. Фундаментні заземлювачі

Це приклад економічного, надійного та ефективного фундаментного заземлювача для споруд котеджного типу. Для цього досить зробити траншею для влаштування фундаменту на 10 см глибше. На її дно через кожні 2,5 - 3 м забивають дистанційні елементи у вигляді спеціальних кілочків-фіксаторів. Бетон запобігає проникненню до заземлювача вологи та кисню, що разом із цинковим покриттям сталевих елементів суттєво уповільнює корозію. Використовуючи як заземлювач монолітний залізобетонний фундамент, належить забезпечити надійне електричне

з'єднання окремих фрагментів арматури між собою та із струмовідводами (від блискавкопусків та системи зрівнювання потенціалу). Найкраще для цього використовувати спеціальні з'єднувачі, які пройшли стандартні випробування, рис. 2, 3.

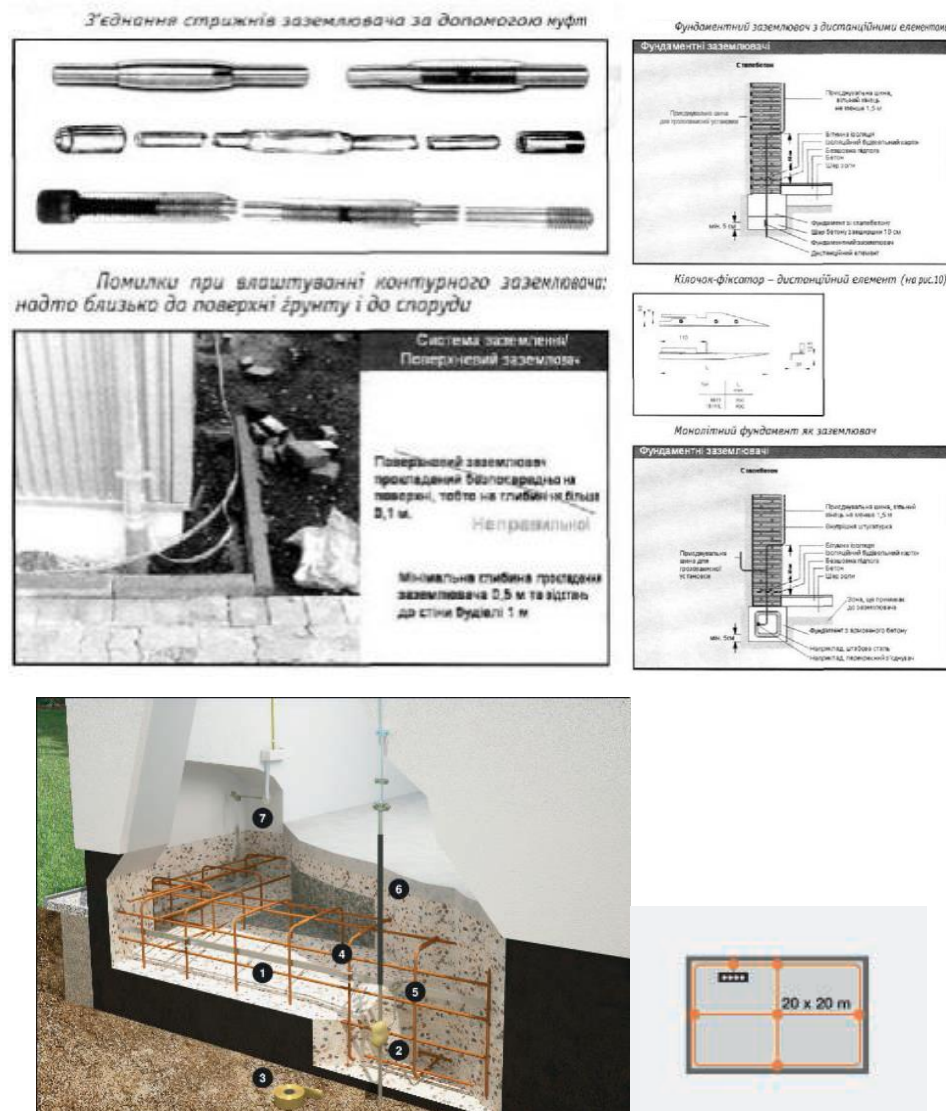


Рисунок 2 - Практична реалізація фундаментних заземлювачів

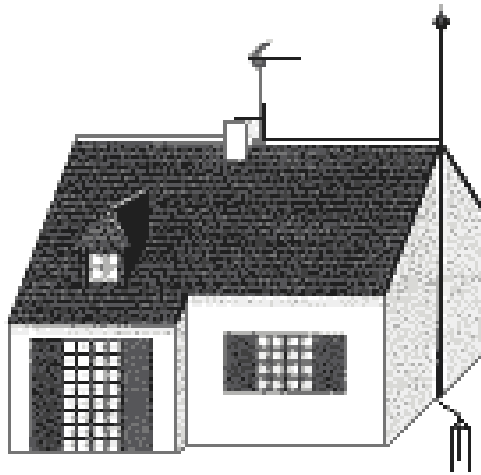


Рисунок 3 - Одно-стержневий громовідвід

Система блискавкозахисту типу «просторової клітини» є мережею, що проводить, яку встановлюють на даху будови, що захищається. У її конструкції застосовуються матеріали, що відповідають стандарту облаштування блискавкозахисту споруд і комунікацій З 153-34.21.122-2003. Ці ж параметри поширюються на усі громовідводи.

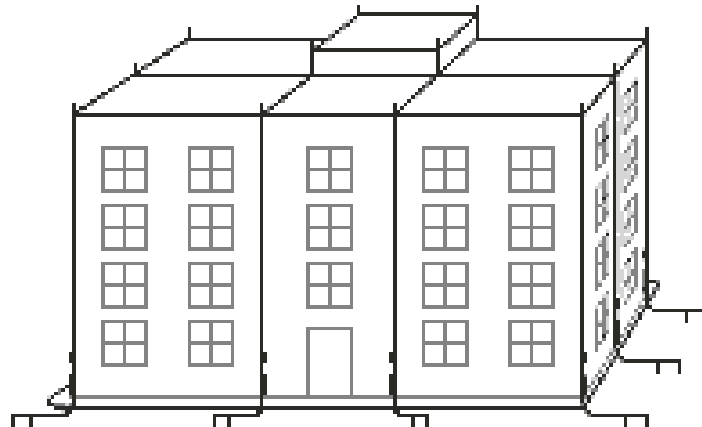


Рисунок 4 - Система блискавкозахисту «просторова клітина»

Традиційна система блискавкозахисту (без іонізатора) складається з наступних елементів конструкції:

- спеціального громовідводу $h=35$ см, виконаного з міді або сталі, закріпленого на стержні $h=2$ м;
- подовжуючої щогли $h=2$ м. Комбінація громовідводу з щоглами дозволяє досягти необхідної висоти: 2,35; 4,1; 5,85; 7,6 м;
- спеціального кріплення щогли до стіни або штативу;
- спеціального провідника з набором кріплення до стіни будинку;

- клеми заземлення;
- земляної розетки.

Радіус захисної дії громовідводу визначається заввишки щогли і для традиційної системи приблизно розраховується по формулі:

$$R=1,732 \cdot h$$

де, h - висота від найвищої точки будинку до піку громовідводу, м.

Громовідвід встановлюється на щоглі необхідної висоти, потім уся конструкція за допомогою спеціального кронштейна (до стіни) або штатив закріплюється на найвищій точці будинку і спеціальним провідником з'єднується з клемою заземлювача (земляної розетки). Сполучний провідник повинен розташовуватися не ближче за 1 м від каналізації, магістраль газу, зовнішні металеві частини будинку і фіксуватися спеціальним кріпленням до стіни будинку через кожні 30 см, з вигинами не менше $R=20$ см. Клема заземлювача встановлюється на висоті не менше 2 м від землі. Ця клема з'єднується із земляною розеткою, яка виконується окремо від існуючого заземлення будинку.

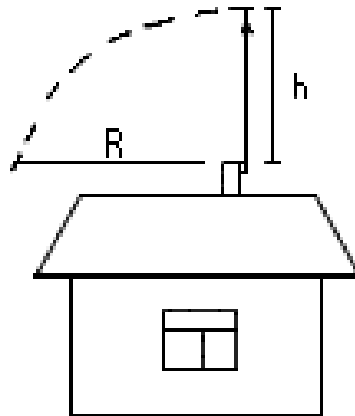


Рисунок 3 - Типове встановлення відведення грому

Найбільш поширені варіанти облаштування земляних розеток представлено на рис. 4.

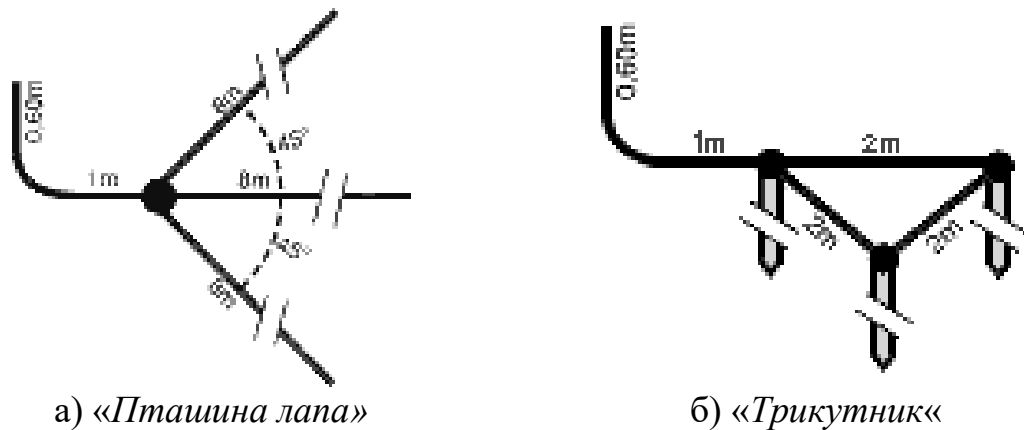


Рисунок 4 - Застосування «земляних розеток»

Принцип роботи активної системи блискавкозахисту з іонізатором полягає в постійній роботі спеціального пристрою – активного блискавкоприймача, який генерує електричні імпульси у напрямі грозової хмари і тим самим створює повітряний канал зі значно зниженим опором. Його включення відбувається у той момент, коли електромагнітна напруженість між землею і грозовою хмарою досягає критичної величини, передуючої неминучому розряду. І у разі її руху до території, що захищається, вона буде прийнята струмоприймачем, інакше струмоприймач не зробить на блискавку ніякої дії і вона пройде стороною. Подібний грозозахист широко поширений у багатьох країнах світу.



Рисунок 5 - Іонізатор Prevelectron 2 Millenium

Типи дахів які зустрічаються у житлово-комунальному секторі:

1. Усі види металевої покрівлі.

Для них ідеальним варіантом є описана вище класична схема блискавкозахисту. Слід звернути увагу на те, що краще прокладати систему відведення струму по стіні будинку, протилежній до входу, і закопувати заземлювач чимдалі від фундаменту і різних садових будівель, рис. 6.



Рисунок 6 - Приклад встановлення системи блискавкозахисту

2. Шифер та «євро-шифер», включаючи дерево.

Для таких дахів фахівці радять іншу систему. Уповдовж «коника» покрівлі по усій довжині простягається металевий трос на двох дерев'яних підпорах, до нього припаюється струмові відведення, спускається уздовж даху, проходить по стіні (можна дріт пропустити у водостік) і йде в землю. Струмові відведення припаюють до заземлювача із сталевого листа. Система повинна розташовуватися також на відстані 3-5 метрів від входу, рис. 7.



Рисунок 7 - Принцип побудови струмового відведення

3. Усі види черепиці.

Для захисту черепичних дахів фахівці радять накинати на покрівлю сітку із сталевго дроту з кроком осередку не більше ніж 6 х 6 м, але і не особливо частою. «Діаметр дроту або троса для такої сітки має бути приблизно 6 мм. Усі стики дроту пропиваються. Потім до цієї сітки приєднується струмові відведення, які закінчуються закопаною в землю сталевгою пластиною заземлювача, рис. 8.



Рисунок 8. Принцип приєднання заземлювача

2.5.2 Внутрішній блискавкозахист житлових будівель

Внутрішній блискавкозахист повинен зменшувати електромагнітні ефекти дії струму блискавки на людей, інсталяцій і устаткування, що знаходиться усередині будівельних об'єктів. У подальшій частині роботи будуть представлені тільки основні питання внутрішньої системи блискавкозахисту житлових об'єктів, а саме:

- Зрівнювання потенціалів інсталяцій, що входять у житловий об'єкт.
- Зрівнювання потенціалів усередині житлового об'єкту.
- Підбору і розміщення пристроїв, що обмежують перенапруження і захищають електричну інсталяцію, системи передачі сигналів, а також облаштування від прямої дії частини струму блискавки.

Основні принципи зрівнювання потенціалів містяться в нормах блискавкозахисту будівельних об'єктів. Відповідно до цих принципів та

норм слід зрівнювати потенціали усіх інсталяцій, які використовують, що входять в конструкцію житлового об'єкту.

Зрівнювання потенціалів слід виконати за допомогою з'єднань з низьким імпедансом:

- *Безпосередніх* – між інсталяціями, що проводять, і пристроями, на яких не виникає постійно електричний потенціал

- *Що обмежують* – між пристроями, заземленими і ізольованими від землі, а також дротами і провідниками електричних пристроїв, що знаходяться під напругою.

Зважаючи на представлені вимоги, рекомендується, вводячи інсталяції у будівельний об'єкт, з'єднувати їх із балансуною шиною, довільним елементом пристрою блискавкозахисту або металевим елементом конструкції об'єкту в місці, розташованим як можна ближче до місця введення інсталяції. Оптимальним рішенням є введення усіх інсталяцій в одному загальному місці. Приклад проведення в одному місці електроустановці, сигнальних дротів, а також інших інсталяцій, що проводять, представлений на рис. 9.

1. До урівноваженої шини слід безпосередньо приєднати:

- Металеві труби.
- Телекомунікаційні, допоміжні, і вимірювальні електроди заземлення.
- Екрани або лінії передачі сигналів, що проводять конструктивні елементи.

- Провідники PEN або PE електроенергетичної мережі.

2. Якщо зовнішні інсталяції, лінії електроживлення, телекомунікаційні і сигнальні лінії не можна ввести в об'єкт в одному і тому ж місці і потрібно застосування декількох шин урівноваження, то вони мають бути сполучені як можна коротшим провідником із заземлювачем або металевими елементами залізобетонної конструкції об'єкту.

3. Провідник, що сполучає шини урівноваження, слід з'єднати з елементами залізобетонної конструкції, що проводять, або іншими екрануючими елементами.

4. Шина урівноваження розміщується найчастіше на рівні землі, як можна ближче до місця, в яке входять інсталяції будівлі, що є струмоведучими елементами, і зєднана із заземлювачем, наприклад, з фундаментним будівлі. До шини слід також приєднати існуючі в об'єкті металеві частини ліфтових конструкцій, вентиляційні канали і тому подібне» [43]

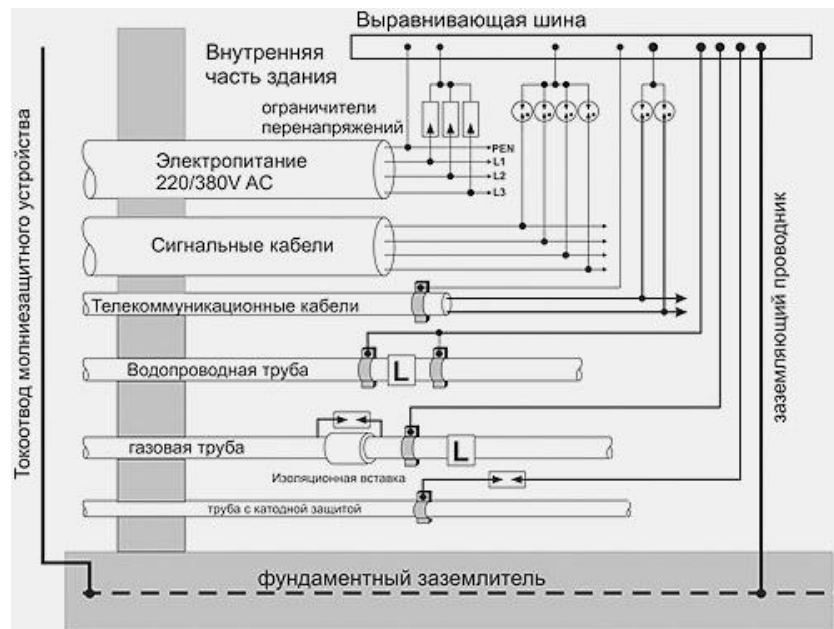


Рисунок 9 - З'єднання проводників з шиною урівноваження потенціалів в місці їх введення у житловий об'єкт

2.6 Грозозахисні зони житлових будівель

У разі захисту електричних систем, від яких потрібна особлива надійність і безвідмовність функціонування, слід додатково взяти до уваги загасання електромагнітних імпульсів блискавки під час переходу меж окремими зонами (арматура стін, додаткові екрани та ін.). Нижче представлена коротка характеристика окремих зон житлової будівлі.

1. Зона 0А.

Пристрої, а також електричні і електронні системи, працюючі в цій зоні, піддаються ризику безпосередньої дії струму блискавки з необмеженим значенням пікової величини, а також імпульсного електромагнітного поля. Піддаються ризику пристрої або системи, працюючі на відкритому повітрі, не екрановані від електромагнітного поля і не захищені від напруги і струмів блискавки. У зоні **0А** пікових значень величин, виникаючих перенапружень витікають з імпульсної стійкості ізоляторів, ізоляції кабелів або пристроїв усередині будівельних об'єктів.

2. Зона **0В**.

Пристрої, що працюють в цій зоні наражаються на небезпеку:

- Безпосередньої дії імпульсного електромагнітного поля, викликаного струмом блискавки з піковими значеннями, такими як у разі зони **0А**.
- Напруги і імпульсні струми, що є результатом індукції струму блискавки в інсталяціях (конструкціях) будівлі, які і є провідниками струму.

Такі пристрої встановлюються в неекранованих об'єктах, позбавлених власних електромагнітних екранів (кожухів і корпусів), а також пристроїв, що обмежують перенапругу в електроустановці і в лініях передачі сигналів.

Прогнозовані пікові величини імпульсної напруги в цій зоні складають:

- ✓ У електричній мережі низької напругі 10 кВ.
- ✓ У лініях передачі сигналів 6 кВ.

Імпульсні струми, що виникають в зоні **0В**, характеризуються часом зростання (фронтом) 8 мкс і тривалістю на рівні половини максимального значення, 20 мкс.

Зона 1.

Електронні пристрої, працюючі в зоні 1 захищаються від:

- Безпосередньої дії імпульсного електромагнітного поля – у даному випадку використовується окремий екран, який найчастіше створюють сполучені між собою конструкції будівель, що проводять елементи,

- Від напруги і струмів блискавки – елементи і схеми, що обмежують перенапруження, що створюють так званий основний захист – одноступінчата схема обмежувачів перенапружень.

Пікові значення імпульсної напруги, що виникає в цій зоні складають:

- У електроустановках нижче 10 кВ.
- У лініях передачі сигналів нижче 6 кВ.

Форми імпульсних струмів, використовуваних для випробувань обмежувачів перенапружень, такі ж як в зоні **0В**.

Інші зони.

«Створення подальших зон вимагає введення додаткових екранів, а також чергових ступенів обмеження напруги і ударних струмів. Використовуються екрануючі властивості:

- Залізобетонних стін приміщень усередині об'єкту.
- Монолітних екранів приміщень будівлі.
- Сталеві обшивки і корпусів самих пристроїв.

У разі існуючих об'єктів, а також об'єктів, що будуються, з чутливими електронними системами найчастіше застосовується двох або триступінчаті системи захисту від перенапружень.

Створюючи окремі зони, слід звернути особливу увагу:

- Дотримання принципів зрівнювання потенціалів інсталяцій (конструкцій), що входять у житловий об'єкт.

- Правильний вибір і розміщення обмежувачів перенапружень різних типів.

- Принцип обмеження імпульсів за допомогою пристроїв імпульсної стійкості, встановлених в цій зоні» [41, 42]

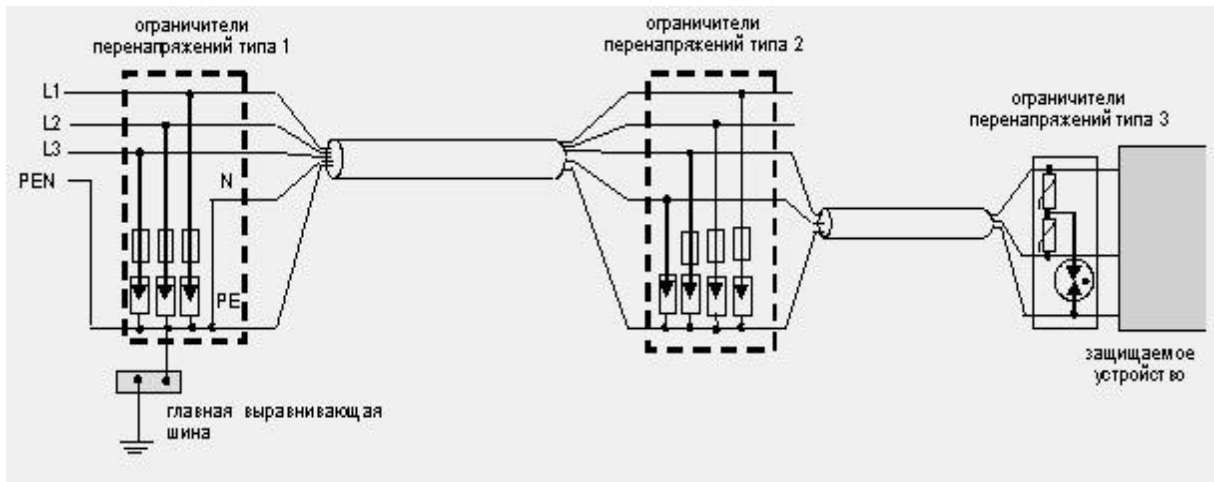


Рисунок 10 - Приклад триступінчатої системи обмеження перенапружень

2.7 Висновок по розділу

Блискавки, атмосферні розряди – постійне і практично повсюдне джерело загрози для людини і його майна. Це одно з найбільш руйнівних і страхітливих природних явищ, з якими всюди стикається людина.

Наслідки, в тих випадках, коли у будівлі немає надійної системи блискавкозахисту – забрані життя, зруйновані житлові будівлі, пожежі, вихід з ладу електропроводки, устаткування і приладів.

Необхідно особливо відмітити, що руйнування відбувається не лише у зоні безпосереднього розряду, але і на відстані до декількох кілометрів, оскільки енергія розряду величезна, а також виникаючий імпульс перенапруження, який по комунікаціях (лінії електропередач, трубопровід та ін.) заноситься у житлову будівлю. Таким чином, наявність систем блискавкозахисту житлових будівель і споруд – обов'язкова умова сучасних країн, виробників, громадян. В таблиці 1 наведено залежність споруд від зон розташування та категорій блискавкозахисту.

Таблиця 1 – «Залежність споруд від зон розташування та категорій блискавкозахисту

п.	Будівлі і споруди	Місце розташування	Тип зони захисту при використанні	Категорія блискавкозахисту
----	-------------------	--------------------	-----------------------------------	----------------------------

			стержневих і тросових громовідводів	
	2	3	4	5
1	Будівлі і споруди або їх частини, приміщення яких згідно ПУЕ відносяться до зон класів В-I і В-II	На усій території України	А	I
2	Те ж класів В-Iа, В-Iб, В-IIа	У місцевостях з середньою тривалістю гроз 10 ч в рік і більше	При очікуваній кількості поразок блискавкою в рік будівлі або спорудження $N < 1-A$; $N(1 - Bi$	II
3	Зовнішні установки, що створюють згідно ПУЕ зону класу В-Iг	На усій території України	Б	II
4	Будівлі і споруди або їх частини, приміщення яких згідно ПУЕ відносяться до зон класів П-I, П-II, П-IIа	У місцевостях з середньою тривалістю гроз 20 годин на рік і більше	Для будівлі і споруджень I і II мір вогнестійкості при $0,1 < N(2$ і	III

			для III - V мір вогнестійкості при $0,02 < N(2$ -Б, при $N > 2$ - А	
5	Розташовані в сільській місцевості невеликі будови III - V мір вогнестійкості, приміщення яких згідно ПУЕ відносяться до зон класів П-I, П-II, П-IIIа	У місцевостях з середньою тривалістю гроз 20 годин на рік і більше при $N < 0,2$	-	III
6	Зовнішні установки і відкриті склади, що створюють згідно ПУЕ зону класів П-III	У місцевостях з середньою тривалістю гроз 20 годин на рік і більше	При $0,1 < N(2$ - Би, при $N > 2$ - А	III
7	Будівлі і спорудження III, IIIа, IIIб, IV, V мір вогнестійкості, в яких відсутні приміщення, відношувани по ПУЕ до зон взриво- і пожежонебезпечних класів	Теж	При $0,1 < N(2$ - Би, при $N > 2$ - А	III
	Будівлі і споруди з	У	При	III

8	легких металевих конструкцій з утеплювачем (IVa міри вогнестійкості), що згорає, в яких відсутні приміщення, відношувані по ПУЕ до зон взриво- і пожежонебезпечних класів	місцевостях з середньою тривалістю гроз 10 ч в рік і більше	$0,02 < N(2 - \text{Би}, \text{при } N > 2 - \text{А})$	
9	Невеликі будови III - V мір вогнестійкості, розташовані в сільській місцевості, в яких відсутні приміщення, відношувані по ПУЕ до зон взриво- і пожежонебезпечних класів	У місцевостях з середньою тривалістю гроз 20 ч в рік і більше для III, IIIa, IIIб, IV, V і мір вогнестійкості при $N < 0,1$, для IVa міри вогнестійкості при $N < 0,02$	-	III
10	Будівлі обчислювальних центрів, у тому числі розташовані в міській забудові	У місцевостях з середньою тривалістю гроз 20 ч в рік і більше	Б	II

11	Тваринницькі і птахівницькі будівлі і спорудження III - V мір вогнестійкості : для великої рогатої худоби і свиней на 100 голів і більше, для овець на 500 голів і більше, для птаха на 1000 голів і більше, для коней на 40 голів і більше	У місцевостях з середньою тривалістю гроз 40 ч в рік і більше	Б	III
12	Димові і інші труби підприємств і котельних, вежі і вишки усіх призначень заввишки 15 м і більше	У місцевостях з середньою тривалістю гроз 10 годин на рік і більше	Б	III
13	Житлові і громадські будівлі, висота яких більш ніж на 25 м більше середньої висоти навколишніх будівель в радіусі 400 м, а також будівлі, що окремо стоять, заввишки більше 30 м, віддалені від інших будівель більш ніж на	У місцевостях з середньою тривалістю гроз 20 годин на рік і більше	Б	III

	400 м			
14	Житлові і громадські будівлі, що окремо стоять, в сільській місцевості заввишки більше 30 м	Те ж	Б	III
15	Громадські будівлі III - V мір вогнестійкості наступного призначення: дитячі дошкільні установи, школи і школи-інтернати, стаціонари лікувальних установ, спальні корпуси і їдальні установ охорони здоров'я і відпочинку, культурно-освітні і видовищні установи, адміністративні будівлі, вокзали, готелі, мотелі і кемпінги	Теж	Б	III
16	Відкриті видовищні установи (зали для глядачів відкритих кінотеатрів, трибуни відкритих	Теж	Б	III

	стадіонів і тому подібне)			
17	Будівлі і споруди, що є пам'ятниками історії, архітектури і культури (скульптури, обеліски і тому подібне)» [34]	Теж	Б	III

РОЗДІЛ 3 БЛИСКАВКОЗАХИСТ СТАНЦІЙ ТА ПІДСТАНЦІЙ

Комплексний захист підстанції складається з внутрішнього і зовнішнього захисту від грозових перенапружень. Проте, якщо підстанція вбудована або знаходиться на території цеха, то захист може виконуватися тільки внутрішня, оскільки зовнішній захист забезпечує безпеку від перенапруження усієї будівлі, яка включає і закриту підстанцію.

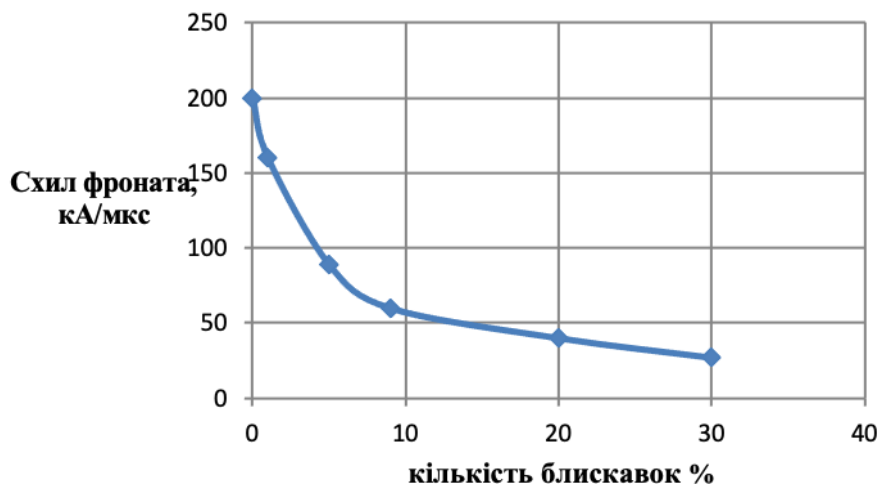


Рисунок 1 - Криві імовірнісного розподілу крутизни фронту імпульсу струму блискавки

Величина струму блискавки може перевищувати 200кА, але таких розрядів дуже мало. На рис. 2 приведений імовірнісний розподіл значень струмів блискавки.

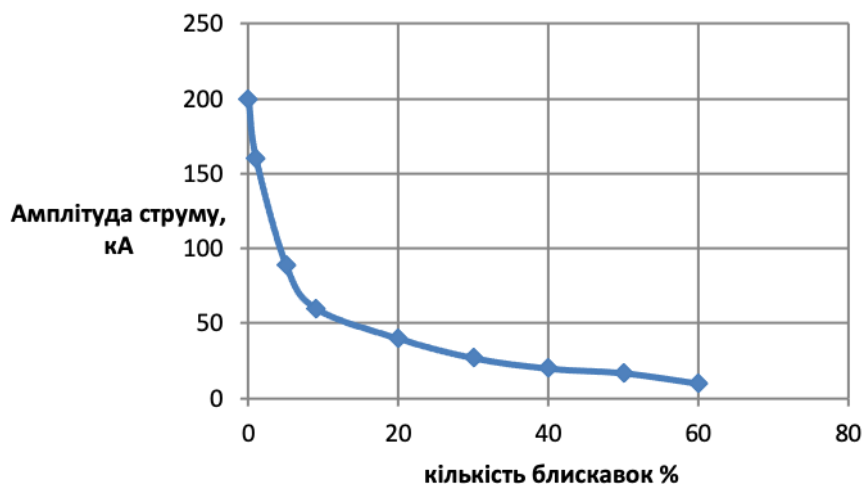


Рисунок 2 - Крива імовірнісного розподілу амплітуди струму блискавки

Перенапруження, викликані ударом блискавки, діляться на два типи: перенапруження прямого удару і індуковані перенапруженням. Перший тип характерний для ситуації безпосереднього попадання блискавки в електроустановку. В цьому випадку імпульсна напруга залежить від конструкційних особливостей об'єкту, від величини опору заземлення і режиму нейтралі. Так само великий вплив роблять параметри і самій блискавці: швидкість зростання блискавки, опір каналу блискавці. Для захисту від прямого удару використовують громовідводи.

Другий тип перенапружень характерний при попаданні блискавки в землю поряд з електроустановкою. Для захисту підстанції від імпульсних перенапружень застосовуються, наприклад, розрядники, нелінійні обмежувачі напруги.

Від прямих ударів блискавки різні електроустановки, лінії електропередач, підстанції та ін. - необхідно захищати. Проте існує декілька допущень.

Бліскавкозахист не потрібно для:

- а) відкритих підстанцій 20 кВ і 35 кВ з трансформаторами одиничною потужністю 1,6 МВА і нижче;
- б) відкритих підстанції 20 кВ і 35 кВ, за умови, що число грозового годинника в році до 20;
- с) відкритих підстанції менш 220 кВ на майданчиках з еквівалентним питомим опором землі в грозовий сезон, за умови, що число грозового годинника в році до 20.

Закриті підстанції захищаються від прямих ударів блискавки, якщо число грозового годинника в році перевищує 20. Закриті підстанції, виконані за допомогою металевих покриттів і конструкцій, слід захистити заземленням металевих частин. Якщо закриті підстанції не мають таких металевих частин і не можуть бути заземлені, то необхідно використовувати різні громовідводи або бліскавкоприймачі.

РОЗДІЛ 3 ЗАХИСТ ПІДСТАНЦІЇ ВІД ПРЯМОГО УДАРУ БЛИСКАВКИ. ГРОМОВІДВІД

Існували і інші шляхи збереження життя і майна, але тільки в 1752-му році Бенжемином Франкліном був придуманий громовідвід. Цей метод захисту від грозових розрядів мав величезну популярність і до цього дня зберігає свою функцію.

Громовідводи діляться на два види за типом блискавкоприймача: стержневі і тросові. Принцип його дії дуже простий. Оскільки блискавка б'є в найвищий об'єкт, яким і є громовідвід, він переймає на себе прямий удар і відводить електричний струм в землю, тим самим захищаючи розташовані в зоні його захисту об'єкти.

3.1 Принцип роботи громовідводу

Розберемо детально принцип роботи стержневого громовідводу, який найчастіше використовується для захисту будівель і підстанцій. На малюнку 3 представлена конструкція простого громовідводу.

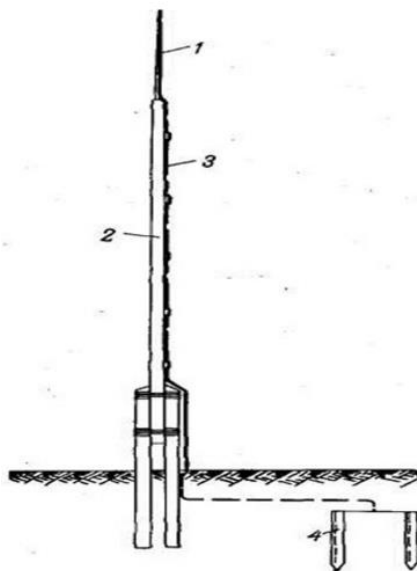


Рисунок 3 - Конструкція стержневого громовідводу

1 – блискавкоприймач; 2 – навантажувальна конструкція; 3 –
струмознімач; 4 – заземлювач.

До блискавкоприймача пред'являються високі вимоги. Оскільки вони сприймають прямі удари блискавки, то повинні мати механічну і теплову

стійкість до дії електричного струму, а так само повинні витримувати високу температуру при розряді.

Функція навантажувальної конструкції полягає в з'єднанні усіх елементів громовідводу в міцну і жорстку конструкцію. Оскільки громовідводи встановлюються у безпосередній близькості до об'єктів під напругою, то не виключені ситуації падіння громовідводу на струмоведучі частини. Такі ситуації призводять до аварії, псування електроустаткування і так далі. Від таких випадків і повинна захищати навантажувальна конструкція, яка надійно закріплює громовідвід.

Важливим показником громовідводу є якість його заземлення. Ефективність і надійність захисту підстанції залежить від заземлювача. Основне завдання його полягає у відведенні струму розряду блискавки в землю, тому його основні характеристики визначаються стійкістю до механічної і теплової дії струму, як і блискавкоприймач. Крім того, заземлювач повинен мати хорошу стійкість до хімічно-агресивного ґрунту, стійкість до корозії.

В результаті проведення безлічі дослідів було виявлено простір навколо громовідводу, вірогідність попадання блискавки в яке практично дорівнює нулю. Для ефективного захисту об'єкт повинен повністю знаходитися в зоні захисту громовідводу. Над самим громовідводом знаходиться зона, при виникненні блискавки в якій, вірогідність попадання блискавки в стержневий громовідвід дуже велика.

На рис. 4 представлені зони захисту і 100% -ої поразки громовідводу.

Зона захисту громовідводу визначається розрахунковим шляхом і регулюється правовими документами (СО153-34.21.122-2003 Інструкція по облаштуванню блискавкозахисту будівель, споруд і промислових комунікацій). Проте, не для усіх громовідводів формули розрахунку однакові. Було встановлено, що громовідводи, висота яких перевищує

шістдесят метрів, вражаються не лише на кінчику молниеприемника, але і нижче.

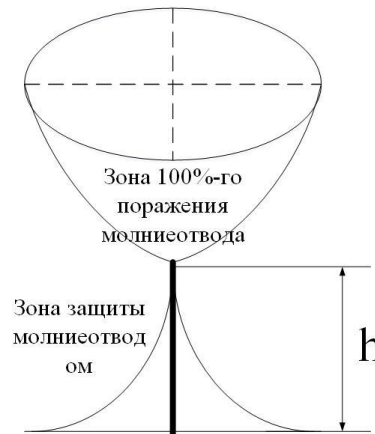


Рисунок 4 - Зони захисту і 100% -ої поразки громовідводу

У зв'язку з цим розрахунки децю міняються. У таблиці 1 приведені параметри для визначення зон захисту для громовідводів різної висоти.

Таблиця 1 - Розрахунок зони захисту поодинокого стержневого громовідводу

Надійність захисту Р	Висота громовідводу h, м	Висота конуса h ₀	Радіус конуса r, м
0,9	0-100	0,85h	1,2h
	100-150	0,85h	$[1,2 \cdot 10^{-3}(h - 100)]h$
0,99	0-30	0,8h	0,8h
	30-100	0,8h	$[0,8 - 1,43 \cdot 10^{-3}(h - 30)]h$
	100-150	$[0,8 \cdot 10^{-3}(h - 100)]h$	0,7h
0,999	0-30	0,7h	0,6h
	30-100	$[0,7 - 7,14 \cdot 10^{-4}(h - 30)]h$	$[0,6 - 1,43 \cdot 10^{-3}(h - 30)]h$
	100-150	$[0,65 \cdot 10^{-3}(h - 100)]h$	$[0,5 - 2 \cdot 10^{-3}(h - 100)]h$

Так само велика увага робить місцевість. Часткою випадком є установка громовідводу на місцевості з ухилом. У такому разі зона захисту

викривляється, і вгору по схилу виявляється збільшеною, а вниз по схилу зменшеної.

Для збільшення зони захисту можна поставити декілька громовідводів. В якості прикладу на малюнку 5 зображено два громовідводи і межу їх зони захисту в горизонтальному і вертикальному перерізі.

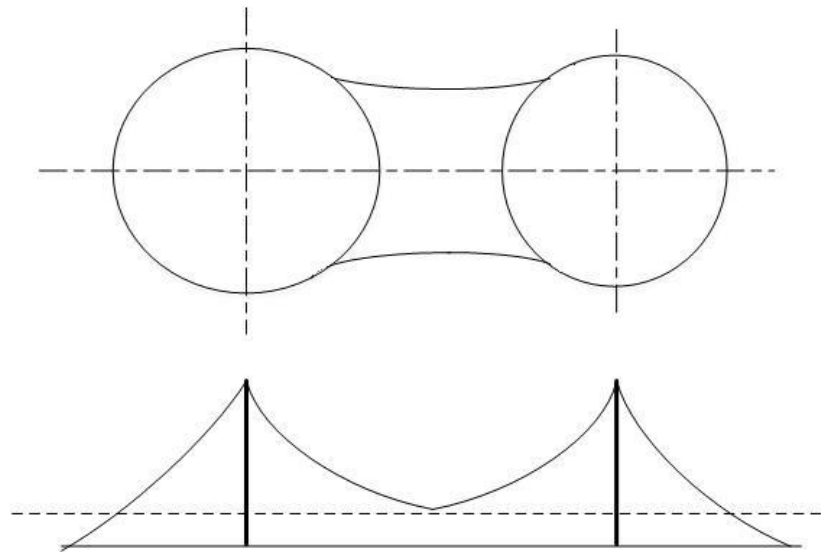


Рисунок 5 - Зона захисту двох рівнів стержневих громовідводів

Розрахунок зони захисту робиться так само, як і для окремого громовідводу, з урахуванням нормативних документів. У таблиці 2 приведені параметри для визначення зон захисту для подвійних громовідводів.

Таблиця 2 - Розрахунок зони захисту подвійного стержневого громовідводу

Надійність захисту Р	Висота громовідводу h, м	Довжина горизонтального перерізу L, м	Відстань між громовідводами L ₀ , м
0,9	0-30	5,75h	2,5h
	30-100	$[5,75-3,75 \cdot 10^{-3}(h - 30)]h$	2,5h
	100-150	5,5h	2,5h
0,99	0-30	4,75h	2,25h

	30-100	$[4,75-3,57 \cdot 10^{-3}(h - 30)]h$	$[2,25-0,01007(h - 30)]h$
	100-150	4,5h	1,5h
0,999	0-30	4,25h	2,25h
	30-100	$[4,25-3,57 \cdot 10^{-3}(h - 30)]h$	$[2,25-0,01007(h - 30)]h$
	100-150	4h	1,5h

3.2 Установка громовідводів

Установка громовідводів частіше робиться на порталах підстанції (на конструкціях КРИЧУ). Це, передусім, обумовлюється ефективністю використання захисних зон, оскільки встановлюються ближче до об'єктів, що захищаються. Звичайно, установка у такий спосіб являється економічно вигідніше, оскільки потрібно менше металу на виготовлення.

Варіант установки громовідводів на конструкціях КРИЧУ має недолік. Існує вірогідність поразки громовідводу ударом блискавки з великою амплітудою і крутизною фронту імпульсу струму. Що може привести до поразки і конструкції, що захищається. Це у свою чергу приведе до «зворотного» перекриття ізоляції, пробою ізоляції, перекриття гірлянд, ушкодженню устаткування, аварії і так далі.

Громовідводи, що окремо стоять, в цьому плані безпечні. Але витрати на установку таких громовідводів значно вищі.

Тому при проектуванні підстанції вибирається оптимальний варіант, який враховує і вартість, і надійність.

Тросові громовідводи частіше застосовуються для захисту ліній електропередач. Їх використовують для захисту ділянки лінії завдовжки 1-3 км, відповідні до підстанції.

3.3 Апарати захисту від імпульсного перенапруження

Основними апаратами захисту підстанції від імпульсних перенапружень атмосферного характеру або від грозових перенапружень

являються розрядники, обмежувачі перенапруження. Розглянемо ті, що найчастіше зустрічаються.

3.3.1 Розрядники

Найпростішим є іскровий проміжок. Інакше його ще називають іскровим розрядником. Принцип його роботи дуже простий. Сама конструкція представляється собою двох стержневих електродів, між якими знаходиться захисний проміжок. При пробі цього проміжку і освіті між електродами стійкої дуги, призводить до аварійного відключення електроустановки.

Ще один тип використовуваних розрядників - трубчастий. Вони частіше застосовуються для захисту підходів до підстанції, для захисту устаткування малопотужних підстанцій. Конструкція такого розрядника представлена на малюнку 6.

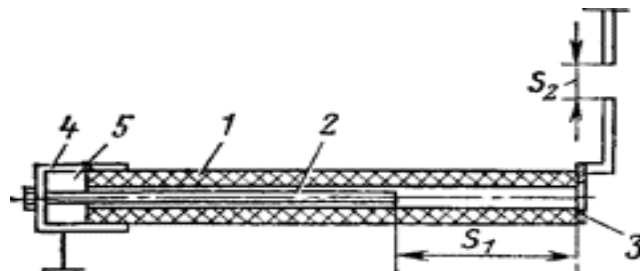


Рисунок 6 - Трубчастий розрядник

1 – газогенеруюча трубка; 2 – стержневий електрод; 3 – кільцевий електрод; s_1 - внутрішній іскровий проміжок; s_2 - зовнішній іскровий проміжок.

При грозовому перенапруженні іскрові проміжки пробиваються, в результаті утворюється дуга. Під дією високої температури починається інтенсивне виділення газу. Тиск в трубці починає збільшуватися, через що газ рухається у бік низького тиску, тобто до відкритого кінця трубки. Створене подовжнє дуття виявляється достатнім для гасіння дуги.

Для захисту ізоляції електроустаткування підстанції частіше застосовують вентильні розрядники. Свою назву вони дістали завдяки своїй характерній особливості. Опір такого розрядника нелінійний, тобто із

захопленням значення сили опір зменшується. Це дозволяє пропускати великі струми розрядник з найменшим падінням напруги. У конструктивному виконанні вентильні розрядники є декількома іскровими проміжками, послідовно сполучені з робітником резистором. Робочий резистор повинен знижувати струм до такого значення, яке зможе бути погашене іскровими проміжками.

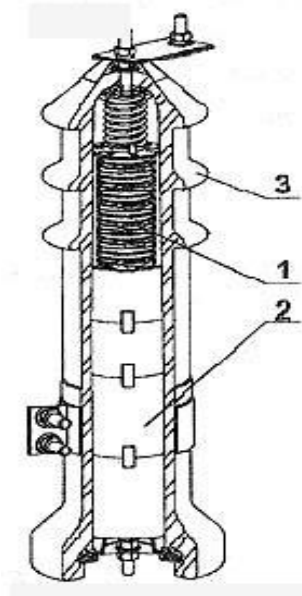


Рисунок 7 - Вентильний розрядник

1 – іскрові проміжки; 2 – нелінійні резистори; 3 – герметично закрита фарфорова покришка.

3.3.2 Обмежувачі перенапруги

На сьогодні використання розрядників відходить на другий план. І в сучасних підстанціях основою апарату захисту від грозових перенапружень нелінійні обмежувачі перенапруги (ОПН), рис. 7.

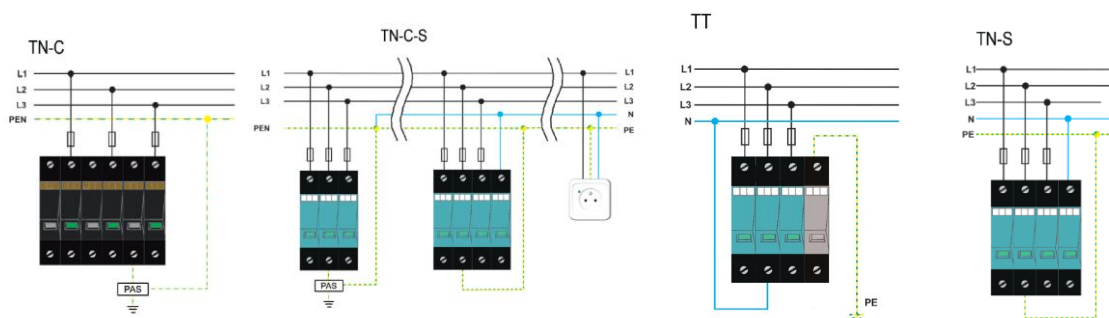


Рисунок 7 - Приклади встановлення ПЗП для різних мереж

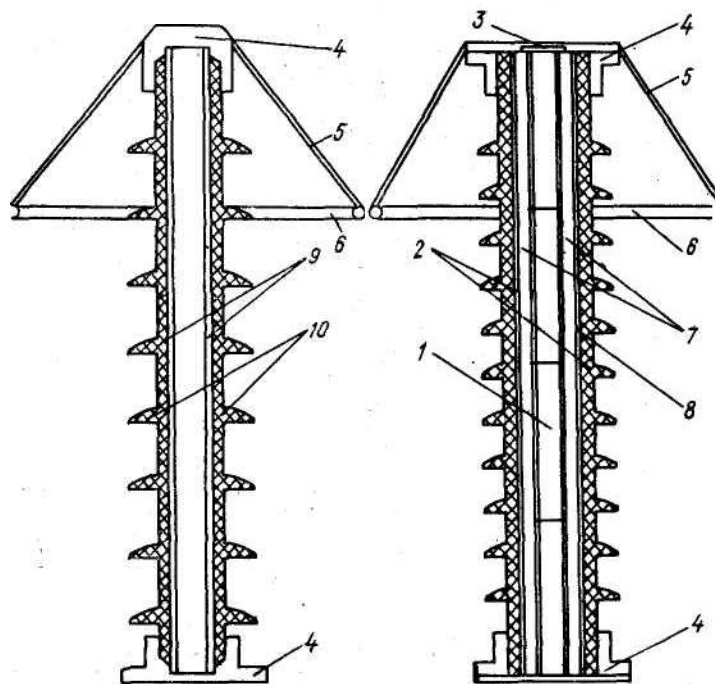


Рисунок 8 - Конструкція нелінійного обмежувача перенапруження
зовнішнього виконання

1 – наскрізна порожнина (передбачається тільки у ОПН при використанні фарфорової покрити); 2 – ізолюючий корпус з ребрами; 3 – вузли герметичності і вибухонебезпеки; 4 – фланці корпусу; 5 – екранотримач; 6 – зовнішній тороїдальний екран; 7 – колонки варисторів.

На відміну від вентилях розрядників ОПН не має іскрових проміжків. Основою ОПН є нелінійний опір, що складається з однієї або декількох колонок резисторів на основі оксиду цинку, - варистори. Вольтамперная характеристика ОПН різко нелінійна. Необхідність в іскрових проміжках повністю відпадає, тим самим забезпечується обмеження усіх грозових і комутаційних перенапружень до безпечного для ізоляції, що захищається, рівня.

3.4 Правила захисту електроустановок

Усі правила захисту електроустановок передбачаються ПУЕ. Для наочності в таблиці 3 приведені необхідні заходи для захисту об'єктів підстанції.

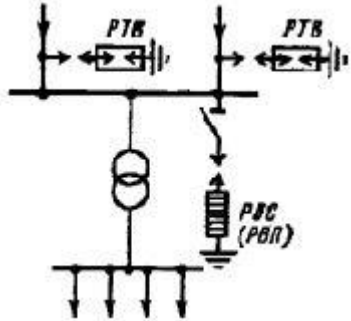
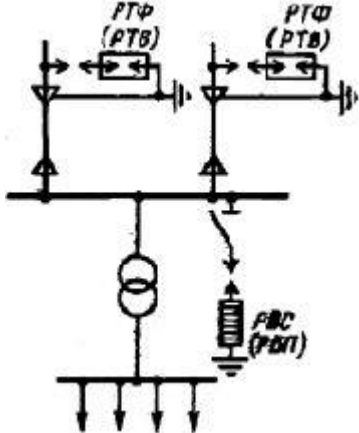
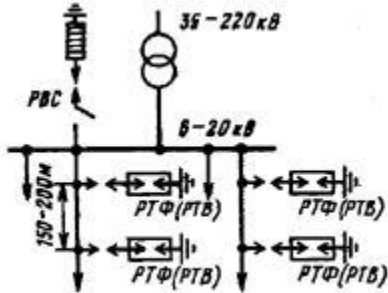
Таблиця 3 - Захист підстанцій від прямих ударів блискавки

Об'єкти, що захищаються	Захисні заходи
У тому числі гнучкі мости і шинні зв'язки.	Стержневі громовідводи
Будівлі машинного залу при числі грозового годинника в році більше 20.	1. Заземлення металевих або залізобетонних конструкцій покрівлі або металевої покрівлі. 2. Стержневі громовідводи або блискавкозахисту сітки на даху будівель
Металеві, цегляні, бетонні і залізобетонні димарі.	Заземлення Сталевий блискавкозахист і заземлюючий спуск, приєднаний до заземлювача
Будівлі трансформаторної вежі, маслохазяйства, нафтехазяйства, електролізній і ацетилено-генераторної станції.	1. Тросовий або стержневий громовідвід, що окремо стоїть 2. Імпульсний опір кожного заземлювача 3. Заземлення металевих корпусів
Вугледробарки, резервуари з горючими рідинами або газами, місця зберігання балонів з воднем.	1. Громовідвід, встановлений окремо або на самій споруді при товщині даху менш 4мм. 2. Заземлення корпусу установки

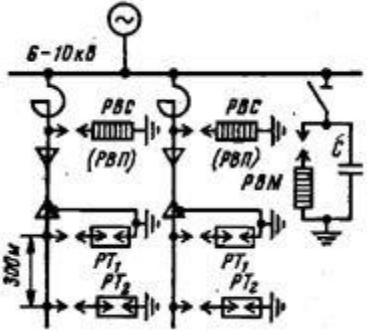
3.5 Захист підстанцій промислових підприємств

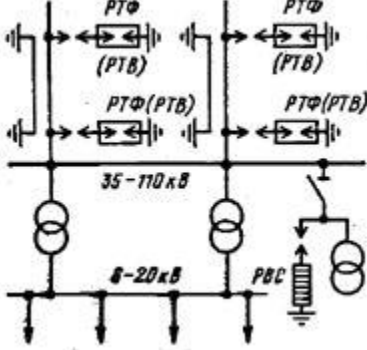
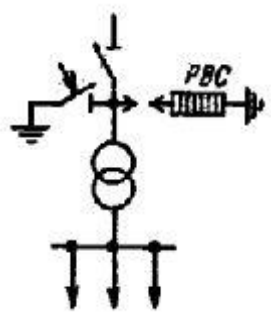
«ПУЕ передбачає схеми блискавкозахисту підстанцій промислових підприємств. У таблиці 4 приведені схеми підстанцій, перераховані об'єкти для захисту і параметри блискавкозахисту» .

Таблиця 4 - Захист підстанцій промислових підприємств

Схема	Об'єкт, що захищається	Характеристика блискавкозахисту
<i>Напруга 3-20 кВ</i>		
	Цехові трансформатори підстанції і РП з живлячими повітряними лініями	Встановлюються РТВ на введенні кожної повітряної лінії. Якщо точки до з., що відключаються трубчастими розрядниками, на шинах підстанції встановлюються РВС або РВП
	Цехові трансформаторні підстанції і РП з живлячими повітряними лініями через кабельні перемички	Встановлюються РТФ або РТВ на кабельних муфтах і РВС або РВП на шинах підстанції
	Головні понижувальні підстанції з повітряними лініями, що відходять, на стороні нижчої напруги	Встановлюються РВС на шинах підстанції, РТФ або РТВ - на введеннях в підстанцію і додатково на відстані трьох-чотирьох прольотів від введень

	<p>Головні понижуючі підстанції з повітряними лініями, що відходять, мають кабельні вставки на підходах до підстанції</p>	<p>Встановлюються РВС на шинах підстанції, РПВ - за реакторами, РТФ або РТВ - на кабельних муфтах і на відстані трьох-чотирьох прольотів від них; при довжині кабельної вставки понад 100 м другий комплект розрядників РТ не встановлюється</p>
	<p>Генератори до 12 тис. кВт електростанцій промислових підприємств. Повітряні лінії підключаються до шин через кабельні вставки без реакторів. Повітряні лінії до шин генераторів потужністю більше 12000 кВт приєднувати не дозволяється</p>	<p>Встановлюються РВМ на шинах електростанцій приблизно 1 мкФ, РТ - на кабельних муфтах і у кінці захищеного громовідводами підходу; довжина кабельної вставки має бути не менше 100 м. Підхід повітряних ліній на відстані 300 м захищається стержневими громовідводами. Якщо підходи</p>

		<p>повітряних ліній до електростанції або підстанції екранізовані навколишніми будовами, захист підходів повітряних ліній громовідводами не обов'язковий</p>
	<p>Генератори до 12000 кВт електростанцій промислових підприємств. Лінії реактовані. Повітряні лінії приєднані до шин генераторної напруги через кабельні вставки</p>	<p>Встановлюються РВМ на шинах генераторної напруги, РВС або РВП - за реакторами, на лініях: РТ2 - на відстані 300 м від РТ1. На шинах електростанції окрім розрядника встановлюються місткості близько 1 мкФ. Довжина кабельної вставки має бути не менше 50 м</p>
<p><i>Напруга 35-110 кВ</i></p>		

	<p>Головні понизительные підстанції 35 - 110 кВ</p>	<p>Встановлюються РВС на шинах підстанції, РТФ або РТВ - на введеннях і у кінці тросових ділянок. Підходи повітряних ліній захищаються тросами. Якщо підходи екрановані навколишніми будовами, захист громовідводами не обов'язковий. Вилитовые розрядники приєднуються під одного роз'єднувача разом з трансформаторами напруги</p>
	<p>Головні понизительные підстанції 35-110 кВ за спрощеною схемою з короткозамыкателями замість вимикачів</p>	<p>Встановлюються РВС без роз'єднувачів</p>

	<p>Цехові понизительные підстанції глибокого введення 35 кВ з трансформаторами до 630 кВА</p>	<p>Встановлюються РВС на шинах підстанції РТ або РТВ - на введеннях в підстанцію і на відстані 200 м</p>
	<p>Підстанції насосних установок промислових підприємств з електродвигунами 3 - 10 кВ, що живляться через повітряні лінії без установки понизительных трансформаторів (ГПП, що не мають, на підстанції насосній, наприклад, 35/6 кВ)</p>	<p>Встановлюються РВМ на шинах підстанції місткістю приблизно 1 мкФ; на повітряних живлячих лініях встановлюють РТ</p>
	<p>Для усіх підстанцій, що мають встановлені і приєднані до шин батареї конденсаторів, за наявності введення повітряних ліній на ті ж шини</p>	<p>Встановлюються РТ на повітряних лініях на відстані 150-200 м від шин підстанції і РВС або РВМ - на шинах</p>

3.6 Висновок по розділу

З кожним роком потужність знову проєктованих електроустановок, станцій, підстанцій росте. У зв'язку з цим розвивається і система захисту

для повної безпеки об'єктів, що захищаються. З експлуатації виводять стару апаратуру, а на їх місце приходять новітні розробки в області електроустаткування. Якісь апарати захисту залишаються основними вже на протязі більше століття.

Нові відкриття тельфів, синього світіння приводять учених в оману і повне переосмислення цього природного явища як блискавка. Подальші глибоке її вивчення допоможе здійснити ще якісніший і ефективніший захист підстанцій, дозволить зменшити кількість аварійних ситуацій, зберегти і продовжити життя електроустаткування .

РОЗДІЛ 4 ПРИСТРОЇ АКТИВНОГО БЛИСКАВКОЗАХИСТУ

4.1 Пристрої активного блискавкозахисту із джерелом живлення

Пристрій активного блискавкозахисту відноситься до способів захисту техногенних і природних ландшафтних об'єктів від зовнішніх енергетичних дії, а саме до способів блискавкозахисту промислових будівель, споруд і прилеглих територій, ЛЕП СЕП, станцій та підстанцій та ін., рис. 1.



Рисунок 1 - Приклад активного блискавкозахисту

Відомий спосіб нейтралізації зарядів грозової хмари полягає в тому, що в потрібній зоні встановлюють чутливу до блискавки вишку з лазером і дзеркальним кутковим відбивачем, створюють плазмовий канал лазера від вишки до низу грозової хмари, по лазерному каналу здійснюють багатократні розряди блискавки. Лазер включають досягши передгрозової напруженості електростатичного поля тропосфери, рис. 2.

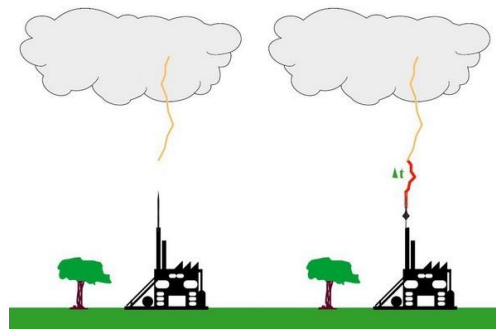


Рисунок 1 - Принцип роботи активного блискавкозахисту

Даній спосіб захисту від розрядів атмосферної електрики (блискавок) працює шляхом уловлювання і нейтралізації зарядів і до його конструкції додають використання заземленого стержня, який розташовують вертикально. Додатково використовують джерело, іонізуюче повітря, промінь якого направляють уздовж заземленого стержня вертикально у найвищі шари атмосфери, створюючи тим самим в повітрі струмопровідну смугу з іонізованих газів, яка служить провідником для проходження блискавки в стержень, де вона нейтралізується заземленням. Розряд блискавки протікає при меншій напруженості електричного поля з меншою руйнівною дією, рис. 3.



Рисунок 3 - Створення іонізуючого повітря

Відомий спосіб активного блискавкозахисту від атмосферних електричних перенапружень, заснований на здійсненні примусового розряду грозового осередку шляхом збудження лідера електричного іскрового розряду, що стійко розвивається. Збудження лідера здійснюють створенням принаймні одного ланцюжка зон безелектродного електричного пробоя повітря з оболонками низькотемпературної плазми, загальний вигляд побудови системи активного блискавкозахисту представлено на рис. 4.



Рисунок 4 - Загальний вигляд побудови активного блискавкозахисту

Загальним недоліком відомих технічних рішень є відносно невисока і непостійна в часі здатність забезпечувати передбачений проектом блискавкозахист об'єктів, який можливий в повному об'ємі лише в ситуаціях підживлення громовідводу енергією від зовнішнього джерела живлення і таким чином вимагає при цьому здійснення певних витрат додаткової енергії, техногенно виробляється, рис. 5.



Рисунок 5 - Необхідність постійного джерела живлення для активного блискавкозахисту



Рисунок 6 - Група «INGESCO» – один з лідерів з виробництва систем захисту від блискавки та раннього попередження



Рисунок 7 - Купол захисту активного блискавкозахисту

4.2 Пристрої активного блискавкозахисту без джерела живлення

Пропонується принципово нове технічне рішення, яке полягає в забезпеченні постійним активним блискавкозахистом, без підживлення енергії від техногенного джерела, рис. 8, 9, 10. Данне рішення реалізовано шляхом впровадження у системі імпульсного генератора, який наділяє громовідвід здатністю створювати і підтримувати активний блискавкозахист шляхом отримання енергії з атмосфери при критичному рівні напруженості атмосферної електрики.

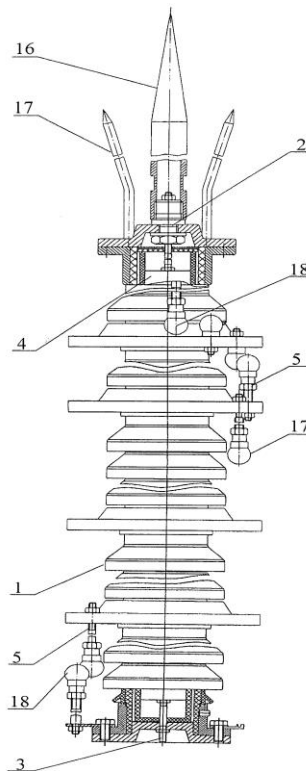


Рисунок 8 - Активний громовідвід, вигляд спереду з частковим вертикальним розрізом

4.2.1 Принцип роботи

У запропонованому способі блискавкозахисту будівель, споруд і територій захист здійснюють за допомогою активної системи, що включає громовідвід 1, забезпечений молниеприємником 2, повідомленим з контактним елементом 3 системи заземлення через генератор 4 та імпульсна напруга і зовнішній розрядний ланцюг 5.

Генератор 4, імпульсної напруги виконують з можливістю постійної роботи в черговому режимі і автоматичного реагування на зміни напруженості зовнішнього, переважно атмосферного, електричного поля. Для цього вказаний генератор 4 забезпечують розташованими практично в умовному опуклому об'ємі, обкресленому по зовнішньому контуру корпусів 6 та генератора 7, не менше чим двома зарядними колами резисторів 8, а також багатосекційним розрядником, виконаного у вигляді конденсаторно-розрядного ланцюга 9, що складається з конденсаторів, які послідовно з'єднані, 10. Кожен конденсатор 10 складається з двох зарядних пластин 11, 12 і функціонально поєднаних розрядників 13, виконаних у вигляді вивірених по висоті виступів на зовнішній стороні вказаних пластин 11, 12. Корпус 7 генератора 4 виконують таким чином, що він має розмір не менш ніж з двох жолобчастих пластинів 14, розімкнених по контуру в поперечному перерізі в зонах розташування ланцюгів резисторів 8, по їх довжини.

Після досягнення в атмосферному електричному полі критичного рівня напруженості напруженості електричного поля в генераторі 4, імпульсна напруга громовідводу під впливом енергії зовнішнього електричного поля автоматично доводиться до порогового рівня, достатнього для формування і здійснення імпульсного розряду, або серії послідовних імпульсних розрядів, і при формуванні в атмосфері лідерної фази блискавки, що рухається до об'єкту, автоматично відштовхуючи з

вістря молниєприймника 2 розряд в атмосферу зустрічного лідера блискавки, таким чином здійснюється в один момент одночасно дві умови.

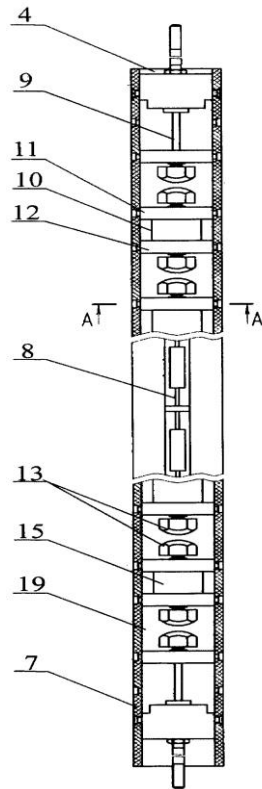


Рисунок 9 - Генератор імпульсної напруги, вигляд спереду з частковим вертикальним розрізом

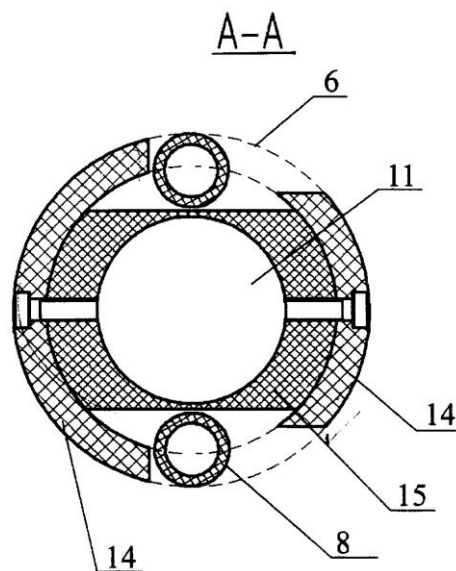


Рисунок 10 - Розріз по А-А, рис. 9

Перша умова – готовність певної енергії, накопиченої в генераторі імпульсної напруги із зовнішнього електричного поля, до переходу через пороговий рівень.

Друга умова – підхід зовнішнього низхідного лідера блискавки до умовної еквідистантної просторової межі, тобто об'ємної зони об'єкту, яку захищає блискавкозахист.

Послідовні імпульсні розряди автоматично генерують ступінчасто формованого вихідного лідера блискавки, що направляється на зустріч зовнішньому низхідному лідерові блискавки, з утворенням короткоживучого провідного каналу. При зустрічному замиканні вказаних лідерів блискавки і поглинанні енергії вихідного лідера, низхідний лідер по вказаному провідному каналу охоронній зоні атмосфери, направляють до блискавкоприймачу 2, потім через зовнішній розрядний ланцюг 5 і по громовідводу 1 відправляють в систему заземлення.

Пластини 11, 12 кожного конденсатора 10 в генераторі 4 імпульсної напруги, через діелектрик 15, фіксують між собою можливістю самовідновлення початкових властивостей після спрацювання громовідводу.

Громовідвід 1 виконують таким чином щоб була можливість реагування або уловлювання як негативних, так і позитивних заряджених лідерів блискавки.

Електромагнітні параметри громовідводу 1 приймають із можливістю спрацювання генератора імпульсної напруги з викидом зустрічного лідера блискавки при наближенні зовнішнього лідера блискавки до висоти взаємного орієнтування обох лідерів блискавок, що становить приблизно $182 \div 455$ м від вістря блискавкоприймача.

Блискавкоприймач 2 виконаний у вигляді системи електрично взаємозв'язаних стержнів, які утворюють багатостержневий вінець з

центральною стержнем 16 і бічними стержнями 17. Центральний стержень 16 виконаний завдовжки, що перевищує довжину бічних стержнів 17.

На лідерній фазі розвитку блискавки центральний стержень 16 блискавкоприймача 2 і бічні стержні 17 поляризуються до виникнення на них коронного розряду. Струм коронного розряду заряджає конденсатори 10 до напруги, що встановлюється розрядним проміжком на розрядниках 13. У момент наближення лідера блискавки до громовідводу 1, як результат напруженість електричного поля зростає, що приводить в дію самий нижній розрядник 13. Іскровий розряд сполучає послідовно два самі нижні конденсатори 10, внаслідок чого на подальшому розряднику 13 напруга стрибком зростає до подвоєної пробивної напруги. Усі конденсатори 10 з'єднані послідовно. На центральному стержні 16 блискавкоприймача 2 з'являється імпульс високої напруги. Створені імпульси високої напруги ініціюють висхідного зустрічного лідера, який спрямовується назустріч низхідному лідерові блискавки, формуючи провідний канал, по якому відбувається рух основного розряду блискавки. По провідному каналу, енергія блискавки «замикається» на землю через розрядники 18 зовнішнього розрядного ланцюга 5, захищаючи елементи генератора 4 від руйнування кілоамперними струмами блискавичного розряду, і таким чином здійснюється блискавкозахист об'єкту.

Оскільки прошарки між пластинами 11, 12 конденсаторів 10, зустрічними виступами розрядників 13 і порожнечою 19, заповнена в громовідводі 1 багатосекційним розрядником, які заповнені самовідновлюючим діелектриком, то усі властивості пристрою після розряду відновлюються без пошкоджень.

Блискавкоприймач 2 окрім центрального стержня 16 має бічні стержні 17, змонтовані під кутом до горизонталі, і на кожному кінці стержнів формується високовольтний імпульс, і, отже, кожен бічний стержень 17 –

це додатковий громовідвід, що збільшує ефективність активного блискавкозахисту.

Таким чином, запропонований спосіб забезпечує постійний активний блискавкозахист без підживлення енергії від зовнішнього джерела, тому підвищує надійність блискавкозахисту і радіус простору блискавкозахисту об'єктів та територій.

4.2 Визначення ефективної частоти іонізації під час виникнення блискавки

Практична важливість явища електричного пробою повітря обумовлює велику кількість його експериментальних досліджень. У той час коли фізична інтерпретація одного з основних понять цього явища – поняття електричного пробою Ест – на кількістному рівні викликає питання. Актуальність цього питання пов'язана із дослідом в галузі блискавкозахисту, а саме розрядів середнього та високого тиску p повітря. Велика кількість процесів розвиваються саме у полі $E \approx E_{ст}$. На рисунку 1 приведено фотографію розряду у фокусі пучка електромагнітних хвиль. Його просторова структура та багато характеристик можуть бути зрозумілі як прояв іонізаційної нестабільності блискавки, яка знаходиться у електричному полі.



Рисунок 1 – Характерний вид вільнолакаційного розряду блискавки у повітрі середнього тиску у фокусі квазіоптичного ланіного поляризованого пучка електронів

Розглянемо випадок той випадок коли при певній температурі T і деякому тиску p повітря, на яке накладено однорідне електричне поле E , йде процес іонізації. Для цього випадку виконано відносно багато вимірів швидкості іонізації повітря залежно від величини поля E і тиску p . Результати деяких з них, починаючи з даних Таунсенду [3], приведені на рис. 2 [4-9], на якому ν_{eff} - є ефективна частота іонізації повітря. Вона є ефективною в тому сенсі, що в експериментах за наявності поля практично неможливо однозначно відокремити процеси виникнення і зникнення електронів. У деяких дослідях визначена лише локальна зміна числа електронів з моменту виникнення поля. У інших відстежується зміна їх числа відповідно до дрейфу в електричному полі.

На рис. 2 видно, що сенс поля E залежить від фізичної ситуації. Для постійного поля під E треба розуміти його величину. Для гармонічної зміни поля за часом при

$$\omega \ll (\pi \delta \nu_c),$$

де ω - його кругова частота, ν_c - частота пружних зіткнень електронів з молекулами повітря, а δ - середня частка енергії, що втрачається електронами при їх зіткненні з молекулами, під E треба розуміти амплітуду поля E_a .

У цьому випадку середня енергія електронів ε_e встигає відстежувати тимчасові зміни поля. При виконанні ж зворотної нерівності під E треба розуміти його ефективне значення $E_{\text{eff}} = E_a / (\sqrt{2} \cdot \sqrt{1 + (\omega/\nu)^2})$.



Рисунок 2 – Результати дослідження ефективної частоти іонізації в повітрі в залежності від його тиску та величини електричного поля

Слід враховувати також, що при малій концентрації електронів N_e поле E є просто накладене на повітря зовнішнє поле. При досить великій N_e процес іонізації йде вже в його сумі з індукованим полем блискавки. Дослідження визначають, що при значеннях

p у діапазоні одиниць T_{orr} , $\omega \leq 2 \cdot 10^{11}$ (1/s) та стриманих полях блискавки енергія ε_e знаходиться у вузькому діапазоні значень $\varepsilon_e = (1-2)eV$. У цьому випадку $\delta \approx 2 \cdot 10^{-2}$, та у визначенні можна використовувати для ν_c формулу $\nu_c = 5,3 \cdot 10^9 \cdot p$, (1/с).

У останній формулі і на рис. 2 використовується тиск повітря p , а не концентрація його молекул N , оскільки саме тиск і температура T , як правило, вимірюються в експериментальних дослідках. У цій і аналогічних їй формулах в подальшому p має розмірність T_{orr} .

При переході в них до N можна використовувати відому формулу $N = 2,7 \cdot 10^{19} \cdot (p/760) \cdot (237/T)$, одиниці виміру (1/см³), де T має розмірність К. При $T = 20^\circ\text{C}$ вона дає $N = 3,3 \cdot 10^{16} \cdot p$, одиниці виміру (1/см³).

Досвід показує, що газовий електричний розряд по параметру E/p є суто пороговим явищем. Для розвитку розряду при цьому p накладене на газ поле повинне перевищувати деякий мінімальний пробійний рівень E_{br} . На рис. 3 приведені результати визначення E_{br} , отримані рядом авторів для атмосферного повітря при $p = 760$ Торг [14-17]. Пробій здійснювався в плоскому міжелектродному проміжку, до якого прикладена постійна напруга U . Міжелектродний проміжок d був істотно менше поперечних розмірів електродів, що забезпечує наявність в нім однорідного поля $E = U/d$.

З рис. 3 видно, що дані різних авторів відрізняються дуже мало. Вони, по суті, лише доповнюють один одного. У експериментах максимальний розмір d обмежений зміною характеру розряду з «таунсендовського» на стримерний. З рисунку видно, що зі зменшенням d величина E_{br} монотонно зростає. Зі зростанням d поле E прагне до деякої межі $E = 26\text{к (В/см)}$ [18], тобто, $E/p = 34$ (В/см). Поле $E \equiv E_{cr} = 34p$ (В/см) та критичним полем пробою повітря.



Рисунок 3 – Результати визначення та розрахунку мінімального значення постійної електричного поля пробую повітря, на разі виникнення блискавки, при атмосферному тиску у міжелектронному проміжку при різних міжелектродних відстаннях

На рис. 2 значенню E_{cr} відповідає $v_{cr} \approx 6,5 \cdot 10^4 p$, (1/с). Покажемо, що фізично E_{cr} відповідає мінімальному полю пробую в просторово необмеженому об'ємі, однорідному і безперервному полі. В цьому випадку в процесі іонізації «втратами» електронів на рахунок їх виходу за межі області іонізації можна нехтувати, а темп іонізації, орієнтуючись на обмеженість тривалості іонізаційного процесу, не треба збільшувати. В цьому випадку електрони втрачаються тільки в локальних процесах, супроводжуючих іонізацію саме повітря. У постійному полі, що народжуються біля катоду, електрони з концентрацією N_e^0 дрейфують у бік анода із швидкістю $v_{dr} = \mu_e \cdot E$, (см/с), де їх рухливість $\mu_e = 3,3 \cdot 10^5 / p$, (см²/(В с)), а E має розмірність (В/см). На початковій ділянці дрейфу завдовжки $L_e \approx v_{dr} / (\delta \cdot v_c)$ електрони набирають необхідну для процесу іонізації середню енергію ε_e . Потім їх кількість починає збільшуватись, і при кінцевій концентрації N_e вони поглинаються анодом. Зворотний час знаходження електронів в області іонізації, характеризує тимчасову обмеженість цього процесу - $\nu_\tau = \ln(N_e / N_e^0) v_{dr} / (d - L_e)$; (1/с).

У роботі [10] наводиться значне число експериментальних даних по пробую блискавки повітря. В порівнянні з пробоем в постійному полі, як правило, немає дрейфового відходу електронів за межі області іонізації. У більшості випадків із-за потужностних обмежень джерел електромагнітного поля блискавки пробій повітря можливий лише до $p \leq (100 \text{ } 200) \text{ Torr}$. Аналіз приведених в [10] даних показує, що при

пробої блискавки у відсутність дифузійного відходу електронів з області іонізації і достатнього часу цього процесу, з ростом p відношення E/p виходить на встановлене значення. Воно відповідає $E_{cr}=(25\ 30)p$; (В/см).

У теперешні час вважається, що значенню E_{cr}/p фізично відповідає балансу двох конкуруючих процесів: народження електронів при прямій іонізації молекул повітря, що йде з частотою ν_i , і їх зникненню при диссоціативному прилипанні до молекул кисню, що характеризується частотою ν_a . Що відповідають розрахункам декількох авторів і наведено на мрис. 4 [13,18,19]. На рис. 4 залежності $\nu_i/p=f(E/p)$ – які стримкоподібно зростають, а відношення ν_a/p слабо залежать від E/p . Вони перетинаються при значеннях E/p в області (36-42), (В/см·Торр).

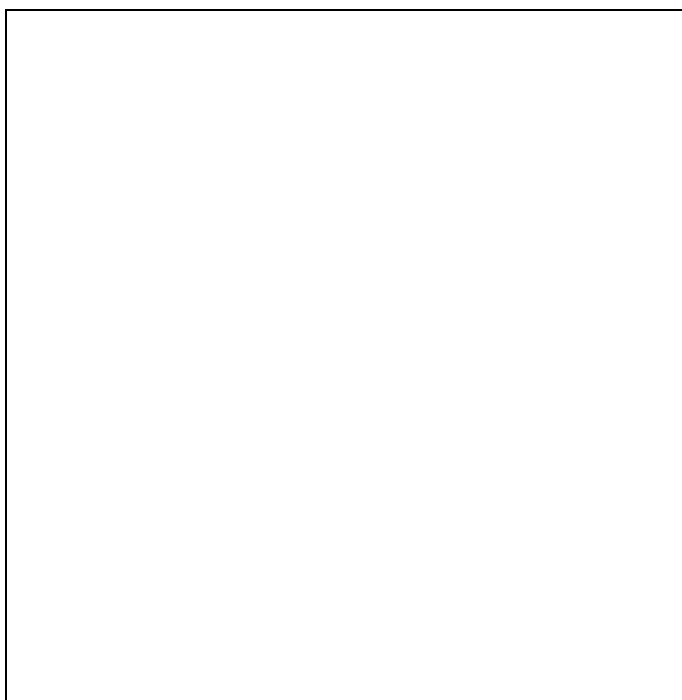


Рисунок 4 – Результати розрахунків частоти іонізації молекул повітря та частоти диссоціативного приліпання електронів у ньому в залежності від тиску повітря та величини поля

4.3 Визначення балансу електронів в блискавці

Розглянемо фізичну ситуацію, коли іонізація повітря виникає в умовах досить низьких E/N , і виконується умова протилежна тому визначенню, що є необхідність залучення процесів відліпання для визначення іонізації у повітрі і можна булоб віттождиствувати з критерієм пробою повітря у пространстві однородного та безперервного електричного поля. Але в той же час ефективність процесів трьохтільного прилипання значно нижче диссоціативного, що має місце при наявності блискавки.

РОЗДІЛ 5 СТАРТАП ПРОЕКТ «СУЧАСНІ ЗАСОБИ ТА МЕТОДИ УЛАШТУВАННЯ СИСТЕМИ БЛИСКАВКОЗАХИСТУ В ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ»

У даному розділі проведено аналіз стартап проекту для визначення принципової можливості його ринкового впровадження та можливих напрямків реалізації цього впровадження. Розділ оформлений у відповідності з [34, 35].

5.1 Опис ідеї проекту

В таблиці 5.1 представлено цілісне уявлення про зміст та можливості проекту, а також про можливі базові потенційні ринки, в межах яких потрібно шукати потенційних клієнтів [3-9]

Таблиця 5.1 - Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Розробка сучасних систем активного блискавкозахисту, що дозволить підвищити ефективність блискавкозахисту житлово - комунальних об'єктів та розподільчих станцій та підстанцій	1. Комерційне – предоставлення послуг промисловим підприємствам.	1. Підвищення рівня захисту 2. Збільшення конкурентоспроможності на ринку електротехніки
	2. Навчальне – використання продукту студентами енергетичних	1. Набуття студентами навичок проведення моделювання систем ЕП, вибір та проектування системи

	спеціальностей.	блискавкозахисту 2. Підвищення кваліфікації молодих кадрів у сфері електропостачання та електричних апаратів.
	3. Співтоваристське – представлення програмного продукту підприємствам енергетичних спеціальностей в якості співпраці	1. Підвищення кваліфікації представників енергетичної галузі 2. Вигідні економічні заручення між підприємствами та ЖКХ.

В таблиці 5.2 обґрунтовано аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї (чим відрізняється від існуючих аналогів та замінників) порівняно із пропозиціями конкурентів [8-11].

Таблиця 5.2 - Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї даного проекту системи блискавкозахисту

Техніко-економічні характеристики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів				W	N	S
	Мій проект	Системи цільового моніторингу	Системи питомих норм енерговикористання	Автоматизовані системи прогнозування цільових функцій	слабка сторона	нейтральна сторона	сильна сторона
Надійність системи системи	1	2	3	4		1,2,4	3

блискавкозахисту							
Глобальність	1	2	3	4	3	2,4	1
Комплексність	1	2	3	4	2,3	4	1
Оперативність	1	2	3	4	3	1,2	4
Достовірність	1	2	3	4	3	1,2	4

Визначений перелік слабких, сильних та нейтральних характеристик та властивостей ідеї потенційного товару є підґрунтям для формування його конкурентоспроможності.

4.2 Технологічний аудит ідеї проекту

В межах даного етапу проведено аудит технології, за допомогою якої можна реалізувати ідею проекту.

Визначення технологічної здійсненності проекту представлено у таблиці 5.3.

Проект можливо реалізувати, усі необхідні технологічні ресурси знаходяться у вільному доступі, у тому числі методичні рекомендації з проведення оперативного контролю ефективності системи блискавкозахисту, на основі яких буде створена математична основа продукту і які детально описані в п.2. [3-7]

Таблиця 5.3 - Технологічна здійсненність ідеї проекту

Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
--------------	--------------------------	----------------------	------------------------

База для потенційних даних	PostgreSQL, Excel, PowerBI	Наявні	Потрібно розробити
Математична складова	Python, Pandas, SciPy, NumPy	Наявні	Потрібно розробити
Графічна складова	Python, Blender, PyQt4, Matplotlib	Наявні	Доступні

5.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

В даному розділі визначено ринкові можливості, що можуть бути використані під час ринкового впровадження проекту, та ринкових загроз, які можуть перешкодити реалізації проекту. Сплануємо напрями розвитку проекту з урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та пропозицій проектів конкурентів системи блискавкозахисту.

Аналіз динаміки та розвитку попиту на проект проведено та представлено у таблиці 4.4. Ринок має середню ступінь привабливості для входження. Середня норма рентабельності досить велика, а відсутність подібних систем робить проект досить ризикованим з точки зору впровадження на ринок. У таблиці 4.5 визначені основні групи клієнтів стартапу та їх характеристика. Аналіз ринкового середовища з точки зору загроз та можливостей представлено у таблицях 4.6 – 4.7.

З огляду на конкурентну ситуацію проект може існувати на ринку інформаційних та енергетичних послуг за умови надійності та регулярного інформаційного забезпечення товару системи блискавкозахисту, а також за умови постійного покращення та аналізу попиту на власні послуги та послуги товарів заміників (аналогів).

Таблиця 5.4 - Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

Показники стану ринку	Характеристика
1. Кількість головних гравців, од	15
2. Загальний обсяг продаж, грн./ум. од	1500
3. Динаміка ринку	стагнує
4. Наявність обмежень для входу	Обмежений. Дана система ще не використовується в Україні на необхідному рівні
5. Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Стандарт ISO - 50001
6. Середня норма рентабельності в галузі, %	10

Таблиця 5.5 - Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
Підвищення безпеки блискавкозахисту	Будь яка група споживачів системи блискавкозахисту (ЖКХ, СЕП)	Не передбачено	Надійність, ефективність, доступність

Загальні риси конкуренції на ринку представлені у таблиці 5.8

Більш детальний аналіз умов конкуренції представлений у таблиці 5.9

Таблиця 5.6 - Фактори загроз стартап-проекту

Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція Компанії
Ціна на послуги	Інформаційні ресурси, а саме їх розробка коштує відповідних коштів	Система Free to Play, яка частіше використовується на ринку відеоігр, але рідше і у сфері програмного забезпечення.
Оновлення програми	Для того, щоб проект функціонував, необхідно постійно підтримувати експлуатацію програми та серверу	Створити відповідального за технічний стан програми. Анонсувати оновлення.
Недостатня мотивація споживача	Системи оперативного контролю на українському ринку є інновацією і для клієнта досить ризиково використовувати дану послугу	Реклама, комунікативні методи зв'язку з потенційними клієнтами

Таблиця 5.7 - Фактори можливостей

Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція Компанії

Новизна	Досить свіжий погляд у сфері безпеки у галузі ЖКХ та СЕП України	Рекламувати продукт як інноваційний
Комплексність	Розрахунок ведеться аргументований та різносторонній. Інші подібні системи не мають на стільки комплексної системи висновків та пропозицій	Постійний контроль за справністю математичної складової продукту
Простота експлуатації	Система підказок та навчального режиму дозволить кожному оволодіти цією програмою	Удосконалення даної складової

Таблиця 5.8 - Ступеневий аналіз конкуренції на ринку «Системи блискавкозахисту»

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства(можливі дії компанії, щоб бути конкурентноспроможною
1. Тип конкуренції – чиста	Програми моніторингу та контролю вже давно існують, як і	Маркетинговий відділ сприятиме інформаційному уклону саме в комплексність

	статистичні методики	програми
2. Локальний рівень конкурентної боротьби	За межами України вже існують «Системи блискавкозахисту»	Розвиватись та шукати шляхи вирішення даної проблеми
3.Потенційно міжгалузева	Дана система може використовуватись і для контролю якості продукції	На певному етапі підприємство буде намагатись вийти за межі власної галузі
4.Нецінова конкуренція	Даний продукт не матиме фіксованої ціни	На ціну впливатимуть безліч факторів
5. Марочна	На певних енергетичних підприємствах уже працюють певні системи аналізу та контролю	Ситуацію зможе вирішити лише жорстка конкуренція та безкомпромісні дії зі сторони підприємства

Аналіз сильних та слабких сторон проекту представлено у таблиці

5.11. Аналіз здійснено на основі аналізу таблиці 5.10.

Таблиця 5.9 - Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
	Інші програми для проведення моніторингу енергоефективності	Інші програми для виконання цільових змінних	Корисність Удобність Просто використання Новизна	Рецензії	Кращі системи контролю якості продукції

Висновки	Через специфіку організації ринку даного товару/послуги конкурентна боротьба має специфічний характер і не може бути класифікована	Є можливості входу на ринок. Потенційні конкуренти – розробники інших статистичних програм	Постачальники диктують умови, але в певній мірі	Клієнти диктують умови, але в певній мірі	Обмеженнями для роботи на ринку є відсутність необхідної кваліфікації у постачальників товарів заміників
----------	--	--	---	---	--

Таблиця 5.10 - Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування
Новизна	Конкурентна середа не має аналогів продукції, що випускає Компанія
Аргументованість результатів	Програма надає клієнту аргументовані висновки та рекомендації
Простота використання	Кожний клієнт має можливість використання даного продукту без використання спеціальних додаткових ресурсів

Таблиця 5.11 - Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін «Сучасні засоби та методи улаштування системи блискавкозахисту в електричних мережах»

Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з проектом						
		-3	-2	-1	0	1	2	3
Гнучкість використання	5						V	
Термін розробки	3		V					
Оновлення	4			V				
Корисність на ринку	6					V		
Експлуатація	5		V					
Ціна	3			V				
Новизна	3						V	

Перелік ринкових загроз та ринкових можливостей складається на основі аналізу факторів загроз та факторів можливостей маркетингового середовища. Ринкові загрози та ринкові можливості є наслідками (прогнозованими результатами) впливу факторів, і, на відміну від них, ще не є реалізованими на ринку та мають певну ймовірність здійснення.

Наприклад: зниження доходів потенційних об'єктів – фактор загрози, на основі якого можна зробити прогноз щодо посилення значущості цінового фактору при виборі товару та відповідно, – цінової конкуренції (а це вже – ринкова загроза). Результат проведення SWOT аналізу представлено у таблиці (4.12)

Таблиця 5.12 - SWOT-аналіз стартап-проекту

Сильні сторони	Слабкі сторони
<p>Високий попит на підвищення енергоефективності</p> <p>Новизна проекту – відсутність аналогів</p> <p>Простота використання проекту</p> <p>Підтримання сучасній Європейських «трендів»</p>	<p>Необхідність великої бази даних, що значно зменшую потенційну надійність програмного продукту</p> <p>Новизна проекту – багато ризиків</p> <p>Висока вартість послуг представників галузі інформаційних технологій</p> <p>Низький рівень кваліфікованих фахівців в даній сфері господарства</p>
Можливості	Загрози
<p>Позитивна тенденція росту популярності концепції контролю та планування в Україні та Європі</p> <p>Розвиток законодавчого регулювання проблеми безпеки близькавкозахисту в країні</p>	<p>Зростання конкуренції</p> <p>Політична ситуація в країні</p> <p>Висока вартість регулярного забезпечення та оновлення продукту</p>

На основі SWOT-аналізу розроблено альтернативи ринкової поведінки (перелік заходів) для виведення стартап-проекту на ринок та орієнтовний оптимальний час їх ринкової реалізації з огляду на потенційні проекти конкурентів, що можуть бути виведені на ринок (див. таблицю 4.9, аналіз потенційних конкурентів). Визначені альтернативи аналізуються з точки зору строків та ймовірності отримання ресурсів представлені у таблиці 5.12.

5.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

Опис цільових груп споживачів представлено у таблиці (4.14).

Таблиця 5.13 - Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

Альтернатива ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
Використання типової моделі обладнання	Досить низька через велику кількість систем для взлому демо- програм	3 роки
Free to Play	Вище середнього. Повністю залежить від якості продукції	2 роки
Спільна робота з іншими підприємствами	Середня. Залежить частино від якості продукції, частино від співробітництва з іншими підприємствами	2 роки

Таблиця 5.14 - Вибір цільових груп потенційних споживачів

Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу в сегмент
Промислові підприємства та ЖКХ	Залежить від рекламних заходів	Залежить від поведінки компанії	Середня	Низька
Підприємства енергетичної сфери	Помірна	Високий	Висока	Середня
Вищі навчальні заклади	Помірна	Середній	Низька	Середня

Базова стратегія розвитку стартап-проєкту визначена та представлена у таблиці (5.15).

Таблиця 5.15 - Визначення базової стратегії розвитку

Обрана альтернатива розвитку проєкту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
Free to Play	Концентрація основних зусиль не на продажу товару, а на захопленні визнання «продукту»	Інформаційні, комунікаційні система, взаємодія з підприємствами, які належать до енергетичної галузі	Концентрований маркетинг

На основі обраної базової стратегії розвитку проводиться вибір стратегії конкурентної поведінки проєкту. Результати представлені у таблиці (5.16).

Таблиця 5.16 - Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і як?	Стратегія конкурентної поведінки
Проект є першопрохідцем на ринку	Компанія буде шукати нових споживачів	Не буде, так як продукція компанії поки що не має аналогів	Стратегія заняття конкурентної ніші

На основі вимог об'єктів з обраних сегментів до постачальника (стартап-компанії) та до продукту, а також в залежності від обраної базової стратегії розвитку та стратегії конкурентної поведінки розроблена стратегія позиціонування, що полягає у формуванні ринкової позиції (комплексу асоціацій), за яким споживачі мають ідентифікувати торговельну марку/проект. Результати представлені у таблиці (5.17).

Таблиця 5.17 - Визначення стратегії позиціонування

Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформулювати комплексну позицію власного проекту
Надійність товару Виправдовування очікувань Швидке реагування на реакцію цільової аудиторії	Збір відгуків про товар. Покращення та реклама товару до моменту рентабельності	Унікальність – як стратегії розвитку, так і самого продукту.	Інтелектуальний Простий Ефективний Майбутнє Покращення

5.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Визначення ключових потенційних переваг проекту представлено у таблиці (5.18).

Таблиця 5.18. - Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами
Висока плата за електроенергію	Постійний моніторинг рівня енергоефективності	Допомога в прийнятті рішень
Низька ступінь керування попитом на електроспоживання	Дозволяє виявити, які фактори найбільше впливають на електроспоживання	Управління електроспоживанням

Трирівнева маркетингова модель потенційного товару представлена у таблиці (5.19).

Наступним кроком є визначення цінових меж, якими необхідно керуватись при встановленні ціни на потенційний товар (остаточне визначення ціни відбувається під час фінансово-економічного аналізу проекту), яке передбачає аналіз ціни на товари-аналоги або товари субститути, а також аналіз рівня доходів цільової групи споживачів. Результати даного заходу представлено у таблиці (5.20)

Таблиця 5.19 - Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові
1.Товар за задумом	Надання технічних послуг з виявлення прихованих можливостей активного споживача на ринку електричної енергії
2.Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики
	Підвищення ефективності функціонування засобів обмеження струмів короткого замикання та перевантаження із застосуванням реклоузерів.
3.Товар із підкріпленням	До продажу – оформлення гарантійного листа, консультація

В таблиці 5.21. представлений аналіз визначення оптимальної системи збуту, в межах якого приймається рішення.

Останньою складовою маркетингової програми є розроблення концепції маркетингових комунікацій, що спирається на попередньо обрану основу для позиціонування, визначену специфіку поведінки клієнтів. Результат сформульовано у таблиці 5.22.

Таблиця 5.20 - Визначення меж встановлення ціни

Рівень цін на товари замітники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на послугу
1500-2000 грн.	3000-4000 грн.	Залежить від обраного підприємства	2000 грн.

Таблиця 5.21 - Формування системи збуту

Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
Отримання товару із рук довіреної енергетичної компанії, через яку клієнт виходить до виробника	Продавати товар, рекламувати виробника товару	Дво-трьорівневий	Залучена

Таблиця 5.22 - Концепція маркетингових комунікацій

Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціювання	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
Недовіра до продавця, потреба в перевірці.	Інтернет	Контроль, планування Простий Надійний Точний	Виклик випробувати продукт. Завоювання довіри	Контроль ефективності енерговикористання . Навіщо переплачувати гроші. Зараз, або ніколи!

5.6 Висновок до розділу

Проведений маркетинговий аналіз стартап проекту «Сучасні засоби та методи улаштування системи блискавкозахисту в електричних мережах» дозволяє визначити принципові можливості його ринкового впровадження та можливих напрямів реалізації його впровадження. Був проведений технологічний аудит ідеї проекту, аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту, розроблена ринкова стратегія впровадження проекту та ринкова (маркетингова) програма проекту.

Даний проект має можливість бути комерціалізованим, але в пеній мірі з певними особливостями(демо версія продукту, партнерські угоди). Попит на проект наявний, динаміка ринку помірна, трохи нижче середнього рівень рентабельності роботи на ринку, у порівнянні з іншими можливими проектами.

Перспективи впровадження є і досить значні. В Україні існуюча система блискавкозахисту має недоліки, які даний продукт міг би покрити.

Бар'єром входження може бути недовіра споживача та низький початковий капітал. Стан конкуренції – помірний, конкурентоспроможність проєту досить висока, особливо на перших етапах.

Подальша імплементація проєкту доцільна тільки якщо проєкт буде у надійних кваліфікованих руках та якщо будуть виконуватись заплановані умови використання проєкту, так як даний проєкт має занадто слабку систему захисту від раптових ризиків. Короткий маркетинговий план проєкту представлений у таблиці 5.23.

Таблиця 4.23 - Маркетинговий план

	Об'єкт	Мета	Термін	Можливості	Кількість	Суб'єкти ринку
Ідея	Підвищення ефективності і сучасних засобів та методів улаштування системи блискавки за хисту в електричних мережах	Контроль та планування енерговикористання, підвищення комутаційних операцій в мережі.	Продукт розроблятиметься 3 місяці, 3 місяці буде термін випробувань та реклами, продукт буде готовий вийти на ринок у період 0,5 -1 рік	Статистичні методи контрольних карт, регресії та послідовного аналізу дозволять споживачу контролювати об'єм споживання енергоресурсів. Більш детальна інформація описана в п.2	Об'єм продажу буде залежати цілком від попиту та реклами, тому перший період терміном від 3-х місяців то 1 року буде випробувальним.	Товар орієнтовано на енергопостачальні підприємства та інші організації, зацікавлені у підвищенні енергоефективності виробничого підприємства
Ціна	До 5500 гривень за одиницю продукції	Ціна буде залежати від багатьох	Ціна буде актуальна до тих пір доки не з'явиться	З часом ціна буде коливатись залежно від	Ціна буде встановлюватись в залежності	Ціна також буде залежати від групи покупців.

		умов, особливо від умов використан ня кінцевого продукту	біль дешевих товарів- аналогів	комплектації продукту та наявності конкурентів.	від комплекта ції продукту. Також буде плата за додаткове ліцензуван ня.	Посередники та покупці, які зможуть запропонувати ін.ший вид вигоди матимуть знижку, або отримують продукт по партнерській програмі
Місце продажу	Інтернет ресурси, офіційний сайт, посередники	Такі канали розповсюд ження вибрані як найомтима льніші для подібних систем.	Покупці будуть обирати канал збуту після того, як товар отримає довіру	Канали розповсюдже ння будуть працювати лише після проведення реklamних заходів та створення офіційного сайта, проведення ліцензування продукту.	Кошти будуть витрачатис ь на адміністра цію сайту та анонсуван ня і розробку нових версій продукту	Покупці зможуть отри оти продукт або з офіційного сайту, або через офіційних представників
Реклама	Види реклами: «search engines optimization» - оптимізація через	Така реклама дозволить користувач ам швидше знаходи шлях до виробника,	Часові рамки: 0,5 років - підготовка, 1 рік - реклама, 3 роки – срок життя	Реклама буде здійснюватис ь через партнерські програми та використання пошукових систем	Рекламні заходи будуть коштувати 40 % від капітальни х затрат	Фізичні особи зможуть отримати інформацію з допомогою статей та анонсів, розповсюджен

	пошукові системи. Використання демо версій в якості проби продукту/	також опробувати продукт на рівень якості та доцільності	проекту			их на енергетичних форумах та журналах
--	--	--	---------	--	--	--

ВИСНОВКИ

Дисертація на здобуття освітнього-кваліфікаційного рівня магістр за спеціальністю електроенергетика, електротехніка та електромеханіка – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут» імені Ігоря Сікорського, Київ 2020.

Дисертація присвячена обґрунтуванню застосування секціонуючих пунктів – сучасних засобів та методів улаштування системи блискавкозахисту в електричних мережах ЖКХ та СЕП. Які призначений для враження системи електропостачання на разі виникнення перенапруги.

Реклоузер виконує автоматичне відключення пошкодженої ділянки, автоматичне повторне включення лінії (АПВ), автоматичне відновлення живлення на неущкоджених ділянках мережі (АВР), оперативні перемикання в розподільній мережі (місцева і дистанційна реконфігурація), збір, обробку і передачу інформації про параметри режимів роботи мережі і стан власних елементів.

Застосування реклоузерів є одним з найбільш ефективних способів підвищення надійності розподільної мережі, оскільки дозволяє радикально скоротити кількість і тривалість перерв електропостачання споживачів без глобальної модернізації мережі, тобто оптимальними засобами.

1. Проведено аналіз існуючих систем автоматичного управління і захисту повітряних ЛЕП на основі вакуумних вимикачів під управлінням спеціалізованого мікропроцесора.

2. Сформульовано обґрунтування технічних рішень застосування секціонуючих пунктів з використанням реклоузерів та представлено типові схеми підключення для практичної реалізації.

3. Представлено розрахунки залежності показників RNRE і ARAE від кількості встановлюваних реклоузерів для радіального фідера, а також від показників надійності початкової мережі та показників надійності модернізованої мережі.

4. Надано алгоритм вибору ефективного місця установки реклоузерів враховуючи критерії мінімального значення показників SAIFI та SAIFI(0).

5. Запропоновано розрахунок показників надійності модернізації мережі, за допомогою реклоузерів.

6. Зроблено порівняльний аналіз існуючих математичних методів розраху вакуумних систем в комутаційних апаратах.

7. Розроблено математичну модель вакуумної контактної системи комутації вакуумного вимикача використовуючи метод Монте-Карло, з врахуванням швидкості часток контактних поверхонь під час комутації.

8. Проведено аналіз стартап проекту для визначення принципової можливості ринкового впровадження розглянутого проекту та можливих напрямків реалізації цього впровадження.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

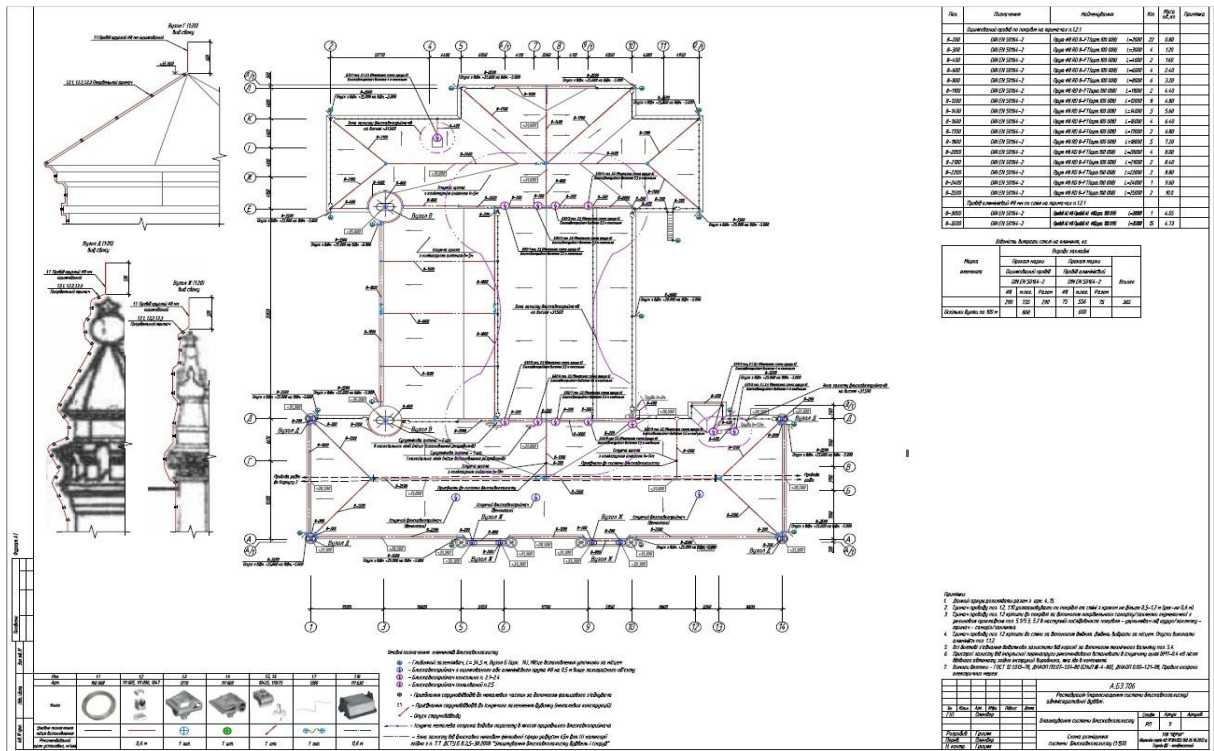
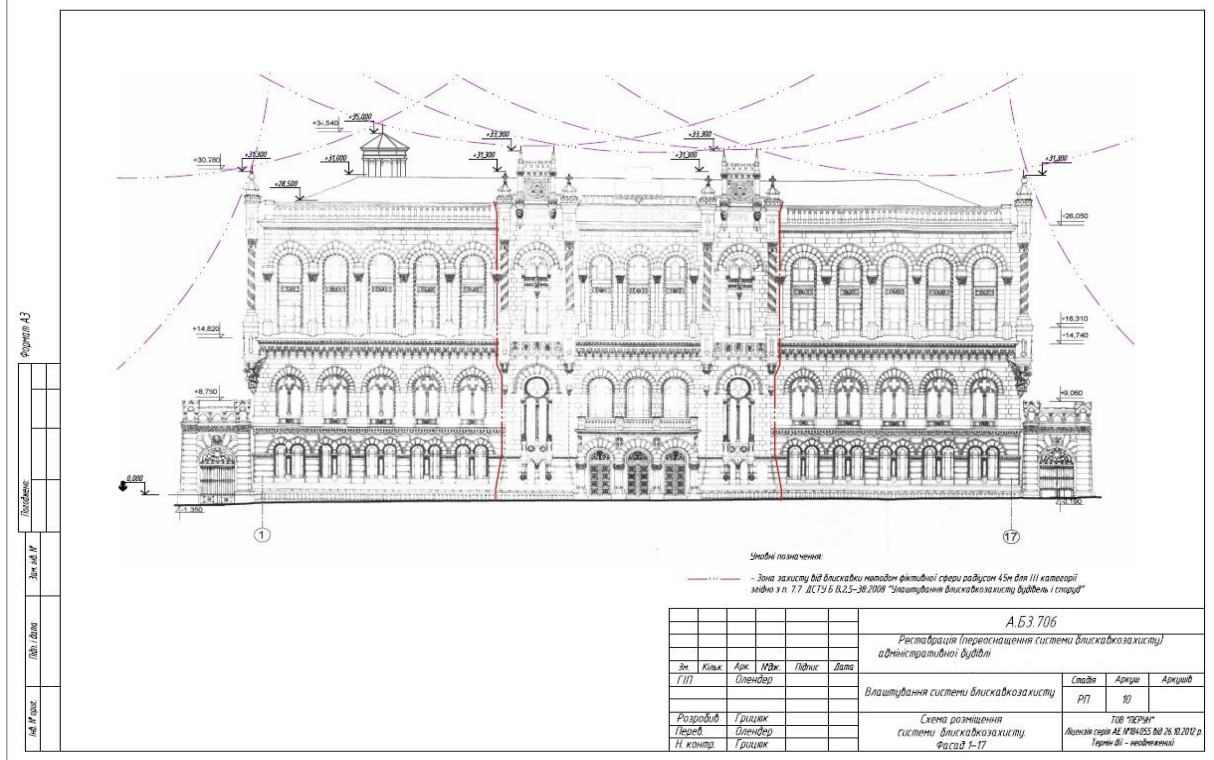
1. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. Электрическая часть электростанций и подстанций. Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования. Учебное пособие для вузов – 4-е изд. перер. и доп. – М.: Энергоиздат, 1986.
2. Методичні вказівки та завдання до курсового проектування з курсу «Електропостачання промислових підприємств» для студентів спеціалізації 10.04.01 «Електропостачання промислових підприємств» / Укл. М.А. Денисенко, О.І. Соловей, Е.М. Іншеков. – К.: КПІ, 1994.
3. Переходные процессы в системах электроснабжения. Учебник / В.Н.Винославский, Г.Г. Пивняк, Л.И. Несен и др. под ред. В.Н.Винославского. – К.: Вища школа. Головне видавництво, 1989.
4. ГОСТ 13109–97. Электрическая энергия. Нормы качества электрической энергии у её приемников, присоединенных к электрическим сетям общего назначения. – М.: Изд-во стандартов, 1997.
5. ГОСТ 28249-93. Короткое замыкание в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением до 1 кВ.
6. Князевский Б.А., Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий. – М.: Высш.шк., 1986. – 400с.
7. Маліновський А.А., Хохулін Б.К. Основи електропостачання: Навчальний посібник. – Львів: Вид-во НУ „Львівська політехніка”, 2005. – 324с.
8. Громадський Ю.С., Манілов А.М. Щодо ефективності застосування запобіжників з вимикачами навантаження RIF фірми „Powercon Corp” (США) в мережах 6-35 кВ//Промелектро. – 2004. – №2- С.32...35.
9. Щестеренко В.Є. Системи електроспоживання та електропостачання промислових підприємств. Підручник.- Вінниця: Нова Книга, 2004. – 656с.

10. ДСТУ 2790-94. Електропостачальні системи напругою понад 1000 В. Терміни та визначення.
11. ДСТУ 2791-94. Електропостачальні системи напругою до 1000 В. Терміни та визначення.
12. Электрические сети и системы / Н.В.Буслова, В.Н.Винославский, Г.И.Денисенко, В.С.Перхач; Под.ред. Г.И.Денисенко.-К.:Вища шк. Головне вид-во, 1986 – 584с.
13. Электробезопасность на промышленных предприятиях: Справочник/ Р.В. Сабарно, А.Г Степанов, А.В. Слонченко-К.: Техніка, 1985.-228с.
14. Долин П.А Основы техники безопасности в электроустановках: Учеб.пособие для вузов. – 2-е изд., пере раб. И доп. – М.: Энергоатомиздат, 1984. -448с.
15. Правила устройства электроустановок /Минэнерго СССР. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 648с.
16. Методичні вказівки до лабораторної роботи ОПЕ-4 «Засоби захисту в електроустановках»/ Р.В. Сабарно.-К.: НТУУ «КПІ», 2005-22с.
17. Справочник по проектированию электроснабжения / Под ред. Барыбина и др. / - М.: Энергоиздат, 1990. – 576 с.
18. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий: Проектирование и расчет/ Овчаренко А.С., Рабинович М.П. и др.- К: Техніка, 1985.-297 с.
19. Постановление НКРЕ №1124 от 09.12.97 г. «О тарифах на э/э, отпускаемую энергоснабжающими компаниями Минэнерго Украины».
20. Инструктивные указания по расчету электрических нагрузок промышленных установок // Инструктивные указания по проектированию промышленных электрических установок /Тяжпром-электропроект/.-М.: Энергоатомиздат, 1990.-№4.- С.3-7.
















21. Методические указания и задания для курсового проектирования по курсу «Электроснабжение промышленных предприятий». Киев: КПИ, 1994.-62с.
22. Справочная книга для проектирования электрического освещения. Под ред. Г.М. Кнорринга.- Л.: Энергия, 1976.
23. Методические указания к выполнению дипломного проектирования «Электроснабжение промышленных предприятий».-Киев: КПИ,1981.-30 с.
24. ГОСТ 14209-85 «Трансформаторы силовые масляные общего назначения».
25. Электротехнический справочник в 3 томах, 3 том 2 книги, книга 1 Производство и распределение электрической энергии / Под общей редакцией профессоров МЭИ, И.Н. Орлова и др./-М: Энергоатомиздат, 1988.-880 с.
26. Правила устройства электроустановок / Минэнерго СССР- 6-е изд.перераб. и доп.-М.: Энергоатомиздат, 1986.-648 с.: ил
27. Электротехнический справочник / Под ред. И.Н. Орлова и др./.-М.: Энергоатомиздат, 1988. – 880с.
28. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования: Учебное пособие для вузов.-4-е изд. перераб. и доп.-М.: Энергоатомиздат, 1989.-608 с.
29. Винославский В.Н., Праховник А.В. и др. Проектирования систем электроснабжения: Учебное пособие для вузов.- К: Вища школа. Головное изд.-во, 1981.-360 с.
30. Справочная книга по светотехнике / Под ред. Ю.Б. Айзенберга.- М.: Энергоатомиздат, 1983.-472 с.
31. Справочная книга для проектирования электрического освещения. Под ред. Г.М. Кнорринга.- М.: Энергия, 1976.- 384 с.

32. Князевский Б.А., Долин П.А. Охрана труда.- М.: Высшая школа, 1982.-311с.
33. Князевский Б.А., Марусова Н.А., Чеколин Н.А. Охрана труда в электроустановках: учебник для вузов / Под ред. Князевского Б.А.-3-е изд. Перераб. и доп. –М.: Энергоатомиздат, 1983.-33
34. РТМ 36.18.32.4-92. Указания по расчету электрических нагрузок. – К.: ВНИПИ Тяжпромэлектропроект, 1992.
35. Справочник по проектированию электроснабжения./Под ред. Ю.Г.Барыбина и др. – М.: Энергоиздат, 1990.
36. Справочник по проектированию промышленных предприятий/ Под ред. А.А. Федорова и Г.В. Сербиновского в 2-х томах. – М.: Энергия, 1973.
37. Справочная книга для проектирования электрического освещения./ Под ред. Г.М. Кноринга. – Л.: Энергия, 1976.
38. ДБН В.2.5-23-2003. Державні будівельні норми. Інженерне обладнання будинків і споруд. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення. – К.: Держбуд України, 2004.
39. Правила устройства электроустановок/ Минэнерго СССР. – М.: Энергоатомиздат, 1986.
40. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий: проектирование и расчет. / А.С. Овчаренко, М.Л. Рабинович, В.И.Мозырский, Б.И. Розинский. – К.: Техніка, 1985.






Додаток 1 – приклад реалізації проекту СБЗ адміністративної будівлі



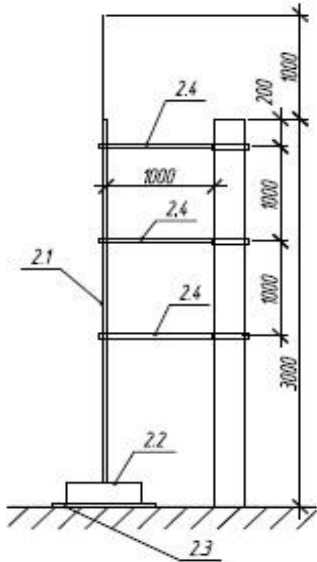
Додаток 2 – оформлення проекту СБЗ

Марка, поз.	Позначення	Арт.	Фото	Найменування	Кіл., шт./один.	Кіл., шт.	Маса, од., кг	Примітки
				<u>Зовнішній блискавкозахист</u>				
1.1.1	---	100 008		Провід круглий Ø8 мм оцинкований RD 8-FT (довж. 100 м), м		800	320.0	J. Pröpster
1.1.2	---	100 019		Провід круглий алюмінієвий Ø8 мм (м'який F 6), (довж. 100 м), м		600	81.0	J. Pröpster
1.2.1	---	111 005		Ніро-Кліп тримач, V2A Ø 8 мм / Тип А з різьбленням M6		3100		J. Pröpster
1.2.2	---	111 000		Ніро-Кліп кришка для двох фіксацій		3100		J. Pröpster
1.2.3	---	104 7		Ніро-Кліп підкладка		3100		J. Pröpster
1.3		1270		Варіо розділова клема ф8-10 мм		300		J. Pröpster
1.4		111 270		Мульти-Плкс Клема, St/1Zn, Ø 8-10 мм, затискач до 8-10 мм, площа контакту 10 см²		100		J. Pröpster
1.5		104 25		Гумова шайба, для захисту фасаду від дощової води		16		J. Pröpster
1.6		1116 75		Затискач для жолобу, St/tZn, Ø8-10 мм		16		J. Pröpster
1.7		1380		Компенсатор		4		J. Pröpster
Примітки: 1. Даний аркуш розглядати разом з арк. 4., 15. 2. Тримач проводу поз. 1.2, 1.10 розташовувати по покрівлі та стіні з кроком не більше 0,5-1,2 м (рек.-но 0,6 м). 3. Тримач проводу поз. 1.2 кріпити до покрівлі за допомогою покрівельного саморізу/заклепки герметичної з резиновою прокладкою поз. 5.1/5.3, 5.2 в наступній послідовності: покрівля – ущільнювач під шуруп/заклепку – тримач – саморіз/заклепка. 4. Всі долотові з'єднання додатково захистити від корозії за допомогою технічного вазеліну поз. 5.4. 5. Пристрої захисту від імпульсної перенапруги рекомендовано встановити в існуючому щиті ВРП-0,4 кВ після ввіданого автомату згідно інструкції виробника, яка іде в комплекті.								
					A.53.706			
					Реставрація (переоснащення системи блискавкозахисту) адміністративної будівлі Національного банку України за адресою: м. Київ, вул. Інститутська, 9 (корпус 1)			
					Влаштування системи блискавкозахисту			
					РП			
					4			
					ТОВ "ПЕРУН"			
					Ліцензія серія АЕ №184055 від 26.10.2012 р.			
					Термін дії - неограничений			

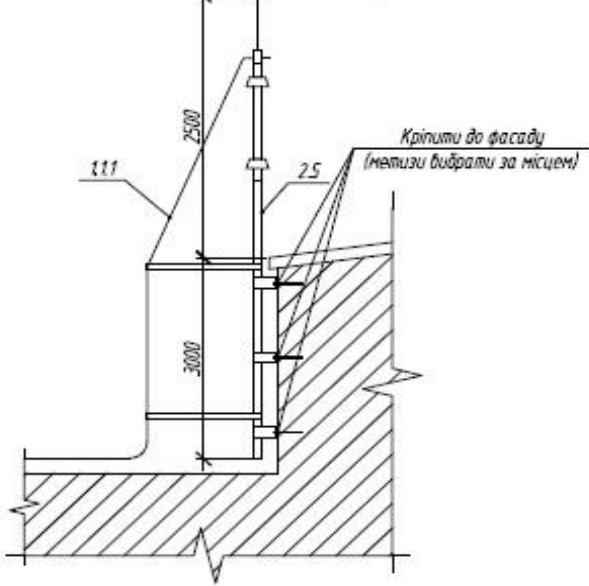
Додаток 3 – оформлення проекту СБЗ

Марка, поз.	Позначення	Арт.	Фото	Найменування	Кіл., шт./одін.	Кіл., шт.	Маса, од.,кг	Примітки
				<i>Блискавкоприймачі</i>				
2.1	⚡	103174		Блискавкоприймач висотою 4 м, Ø16/10 мм, 4,0 м без різьблення, для кріплення клина		3		J. Pröpster
2.2	⚡	103191		Бетонна основа, 16 кг 300 x 300 x 80 мм Клин термінал, V2A	1	3		J. Pröpster
2.3	⚡	103188		Підкладка пластина для бетонної основи Чорний пластик для захисту мембрани	1	3		J. Pröpster
2.4	⚡	490515		Ізольована скоба триверса довжиною 1 м для кріплення на трубу	3	9		J. Pröpster
2.5	⚡	111495		Ізольований блискавкоприймач 5,5 м	1	9		J. Pröpster

Монтажна схема встановлення блискавкоприймача 2.1-2.4



Монтажна схема встановлення ізольованого блискавкоприймача 5.5 м



Примітки:
1. Даний аркуш розглядати разом з арк. 4..15.

Формат А4

Погоджено:

Зам. інж. М.

Підп. і дата

Інж. М. орг.

						А.БЗ.706		
						Реставрація (перевіщення системи блискавкозахисту)		
						адміністративної будівлі Національного банку України за адресою:		
						м. Київ, вул. Інститутська, 9 (корпус 1)		
	Зм.	Кільк.	Арк.	Маж.	Підпис	Дата	Стадія	Архив
	ГІП		Олендер				РП	6
	Розробив	Грицьк					ТОВ "ПЕРУН" Ліцензія серія АЕ №184055 від 26.10.2012 р. Термін дії – необмежений	
	Перев.	Олендер						
	Н. контр.	Грицьк						